

T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OFF GRİD GÜNEŞ SİSTEMLERİ İÇİN YENİ BİR PROJELENDİRME ARACI TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Suat KÜÇÜK

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK
Tez Danışmanı : Doç. Dr. Cenk YAVUZ

Haziran 2019

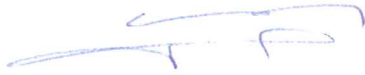
T.C.
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

OFF GRİD GÜNEŞ SİSTEMLERİ İÇİN YENİ BİR
PROJELENDİRME ARACI TASARIMI

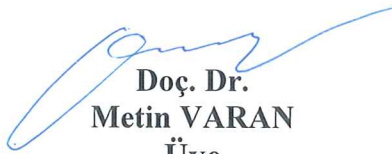
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Suat KÜÇÜK

Enstitü Anabilim Dalı : ELEKTRİK MÜHENDİSLİĞİ
Enstitü Bilim Dalı : ELEKTRİK

Bu tez/..../2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği / oyçokluğu ile kabul edilmiştir.



Doç. Dr.
Cenk YAVUZ
Jüri Başkanı



Doç. Dr.
Metin VARAN
Üye



Dr. Öğr. Üyesi
Ahmet KÜÇÜKER
Üye

BEYAN

Tez içindeki tüm verilerin akademik kurallar çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, görsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uygun şekilde sunulduğunu, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezde yer alan verilerin bu üniversite veya başka bir üniversitede herhangi bir tez çalışmasında kullanılmadığını beyan ederim.

Suat KÜÇÜK

Haziran 2019

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimin boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Cenk YAVUZ'a ve tez yazımı süresince çözüm ortağım olarak manevi destekte bulunan Gülsün KAYMAK'a teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER	ii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ	v
ŞEKİLLER LİSTESİ	vi
TABLOLAR LİSTESİ.....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2.	
LİTERATÜR TARAMASI.....	3
2.1. Şebekeye Bağlı Hibrit Sistem Benzetimi	3
2.2. YEK Depolama Sistemleri	3
2.3. Hibrit Sistem Analizi.....	4
2.4. Güneş Enerji Santral Gelişimi.....	4
2.5. Güneş Enerji Sistemlerinin Performans Analizi.....	4
2.6. Güneş Enerji Sistemleri İçin Çatı Uygulama Modelleri	5
2.7. GES İçin Kısa Dönem Tahmini Matematiksel Modellenmesi.....	5
2.8. Güneş Enerji Sistemlerinin Konumlandırılması.....	5
2.9. Güneş Pilinin Verim ve Ekonomik Analizi.....	6
2.10. Lityum – İyon Tipi Bataryanın PV Sistemlere Uygulanabilirliği	6
2.11. Yenilenebilir Enerjide Süreklilik İçin Hibrit Modellemesi.....	6
BÖLÜM 3.	
YENİLENEBİLİR ENERJİ ÇEŞİTLERİ	8

3.1. Güneş Enerji Sistemleri.....	8
3.1.1. Türkiye’de güneş enerji potansiyeli.....	9
3.1.2. Türkiye’de güneş enerji santrali kurulabilecek alan özellikleri...	10
3.2. Fotovoltaik Sistemler	11
3.2.1. Güneş pillerinin yapısı ve özellikleri.....	12
3.2.1.1. PV hücrelerin akım – gerilim karakteristiği.....	13
3.2.1.2. Açık devre gerilimi (Voc).....	14
3.2.1.3. Kısa devre akımı (Isc).....	14
3.2.1.4. Dolgu Faktörü (FF).....	14
3.2.2. Şarj regülatörleri	15
3.2.2.1. Şarj regülatör seçimi	16
3.2.2.1.1. Güneş paneline göre seçimi.....	16
3.2.2.1.2. Akü voltajı ve sayısına göre seçimi.....	16
3.2.3. İnverter.....	17
3.2.3.1. İnverter çeşitleri ve seçimi	17
3.2.4. Aküler	18
3.2.4.1 Opzs aküler	19
3.2.4.2. Jel aküler	19
3.2.4.3. Kuru aküler	20
3.2.5. Off-grid veya on-grid çalışma seçeneklerinin planlanması	21
3.2.5.1 Şebeke bağlantılı (on-grid) sistemler	21
3.2.5.2. Şebeke destekli sistemler	22
3.2.5.3. Şebeke bağlantılı öz tüketim sistemi.....	23
3.2.5.4. Şebekeden bağımsız (off-grid) sistemler	23
3.3. Hibrit Sistemler	24
3.4. Batarya Teknolojileri.....	25
3.4.1. Enerji yoğunluğu.....	25
3.4.2. Şarj verimliliği	26
3.4.3. Çevrim ömrü	26
3.4.4. Güvenli çalışma bölgesi.....	26

BÖLÜM 4.	
ARAYÜZ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ	27
4.1. C# Yazılımı Nedir?.....	27
4.2. Örnek Sistem Planlanmasının Analiz ve Maliyet Hesaplaması	28
4.3. Nesnelerin Programlanması	32
BÖLÜM 5.	
SONUÇLAR	40
KAYNAKÇA	42
ÖZGEÇMİŞ	43

SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

AC	: Alternative Current / Alternatif Akım
AGM	: Absorbed Glass Matt
Ah	: Amper-Saat
AK	: Akü Kapasitesi
ARCB	: Anti Reverse Current Box
DC	: Direct Current / Doğru Akım
DMİ	: Devlet Meteoroloji İşleri
EDS	: Enerji Depolama Sistemleri
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
FV	: Foto Voltaik
GGS	: Güneşsiz Gün Sayısı
kWh	: Kilowatt – Saat
LCD	: Liquid Crystal Display
MHz	: Megahertz
MPPT	: Maximum Power Point Tracking / Maksimum Güç Noktası Takibi
MW	: Megawatt
NiCd	: Nikel- Kadmiyum
PbA	: Kurşun - Asit
PS	: Panel Sayıcı
PV	: Photo Voltaic
REPA	: Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası
ÜGE	: Üretilmesi Gereken Enerji
WAsP	: Wind Atlas Analysis and Application Program
YE	: Yenilenebilir Enerji
YEGM	: Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası.....	11
Şekil 3.2. Fotovoltaik Sistem Analizi	12
Şekil 3.3. PV Hücre Devresi	13
Şekil 3.4. PV Hücresinin Akım-Gerilim Eğrisi	14
Şekil 3.5. PV Hücresinin Akım-Gerilim(I-V) ve Güç-Gerilim(P-V) Özellikleri....	15
Şekil 3.6. Ekranlı Ve Ekranlızsız Şarj Regülatör Çeşitleri	17
Şekil 3.7. Tam Sinüs ve Kare Dalga İnverter Çeşitleri	18
Şekil 3.8. OPzS Tipi Akü Çeşitleri	19
Şekil 3.9. Jel Akü Çeşitleri.....	20
Şekil 3.10. Kuru Tip Akü Çeşitleri	21
Şekil 4.1. C# ile .Net Framework Platformuna Giriş.....	28
Şekil 4.2. .Net Framework Çalışma Sayfası	28
Şekil 4.3. Şebekeden Bağımsız Bir Sistemin Genel Yapısı	29
Şekil 4.4. Sistem Bilgi Bloğu	33
Şekil 4.5. Güneş Panelinin Özellik Bloğu.....	33
Şekil 4.6. Akü Özellik Bloğu	34
Şekil 4.7. İnverter Özellik Bloğu	34
Şekil 4.8. Şarj Regülatör Özellik Bloğu.....	35
Şekil 4.9. Güneş ve Açık Özellik Bloğu	35
Şekil 4.10. Sonuç Değerler Bloğu.....	36
Şekil 4.11. Maliyet Analizi Bloğu.....	37
Şekil 4.12. Diğer Seçeneğinin Özellikleri.....	37
Şekil 4.13. Projelendirme Aracı Genel Yapısı	38
Şekil 4.14. Projelendirme Aracının Akış Diyagramı	39

TABLULAR LİSTESİ

Tablo 3.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli	9
Tablo 3.2. Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı.....	10
Tablo 3.3. Değişik Tip PV Hücrelerin Karakteristik Değerleri	15
Tablo 4.1. Malzeme Birim Fiyat Listesi	30
Tablo 4.2. Sistem Maliyet Analizi	31

ÖZET

Anahtar kelimeler: Fotovoltaik Sistemler, C#, Batarya Sistemleri, Güneşlenme Açısı

Günümüzde artan enerji ihtiyacının karşılanması için çeşitli teknolojik sistemler geliştirilmiştir. Yenilenebilir enerji sistemleri son zamanlarda oldukça fazla alanda kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin kullanım alanlarının hızla artmasıyla beraber verimlilik çalışmaları da yapılmaktadır. Bu çalışmada güneş enerji sistemlerinin kurulumu öncesi malzeme ve maliyet analizi yapılmıştır. Analiz çalışmasında C# arayüz programı kullanılmıştır. Bu arayüzde güneş enerji sisteminin kurulumu sırasında gerekli bilgiler kullanıcıya sunulmuştur. Kullanıcının kuracağı sisteme göre değişiklik gösteren değerler ise kullanıcı tarafından giriş yapılacak şekilde tasarlanmıştır. Kullanıcıya malzeme ile ilgili gerekli parametreler program içine yerleştirilmiştir. Böylece güneş enerji sistemi kurulumundan önce sistemle ilgili verim, maliyet, malzeme sayısı ve türü gibi birçok seçenek üzerinde analizler yapılmıştır. Bu seçeneklere ek olarak ise bölgelere göre güneşlenme açı değerleri hesaplanmıştır. Türkiye'deki her ilin enlem değerine göre açı değerleri hesaplanarak arayüzde kullanıcıya sunulmuştur.

A NEW FOR OFF GRID SOLAR SYSTEMS PROJECT TOOL DESIGN

SUMMARY

Keywords: Photovoltaic Systems, C#, Battery Systems, Sun Angle

Today, various technological systems have been developed to meet the increasing energy demand. Renewable energy systems have recently been used in many areas. With the rapid increase in the usage areas of these systems, efficiency studies are also carried out. In this study, material and cost analysis were performed before the installation of solar energy systems. C # interface program was used in the analysis. This interface presents the necessary information to the user during the installation of the solar energy system. The values that vary according to the system to be installed by the user are designed to be entered by the user. The necessary parameters related to the material are placed in the program. Thus, before the installation of solar energy system, many options related to the system such as efficiency, cost, material number and type were analyzed. In addition to these options, sunbath angle values were calculated according to regions. interface is presented to the user by calculating the angle values of the latitude value of each province in Turkey.

BÖLÜM 1. GİRİŞ

Günden güne artan enerji ihtiyacının karşılanması için yenilenebilir enerji sistemleri geliştirilmektedir. Geliştirilen bu sistemler farklı kullanım alanlarına sahiptir. Büyük sistemler kurularak ticari amaçlı kullanıldığı gibi küçük çaplı işlerde de kullanılmaktadır. Nerede kullanılırsa kullanılsın kurulacak sistemin verimi her zaman ön plandadır. Bu sebeple bir sistem kurulumu öncesi sistem ile ilgili öngörü hesabı yapılmalıdır. Piyasada bununla ilgili birçok program olsa da bu programlarda bulunan eksiklikler belirlenerek arayüze eklenmiştir. Bu sayede kurulacak olan sistemin maliyeti, verimi, kullanılacak olan malzemelerin özellikleri, konumlanma açısı değerleri gibi sistemle ilgili gerekli olan tüm bilgiler geliştirilen arayüz programında kullanıcıya sunulmuştur.

İkinci bölümde, literatür çalışması olarak çeşitli makale, tez, dergi ve kitaplardan yararlanılmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda özet şeklinde içeriklerinden bahsedilmiştir. Bu bağlamda, yeni yapılacak sistem için gerekli ön bilgiler bulunan farklı çalışmalar yardımıyla elde edilmiştir.

Üçüncü bölümde ise yenilenebilir enerji kaynaklarının öneminden bahsedilecektir. Yenilenebilir enerji, artan enerji ihtiyaçlarından, fosil yakıtların çevreye verdiği zarardan ve artan maliyetlerden dolayı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını ön plana çıkmıştır. Kendini yenileyen, kaynağı tükenmeyen bu sistemleri kısa süre içinde maliyet olarak kendini amorti etmesi de diğer bir tercih sebebidir. Güneş, yenilenebilir enerji kaynaklarının en temel ana kaynağı olarak nitelendirilmektedir. Bu çalışmamızda güneş enerji sisteminde kullanılan malzemeler incelenmiş ve arayüzde detaylı bir şekilde kullanılmıştır.

Dördüncü bölümde ise projelendirme aracı olarak nitelendirilen C# arayüzü programı kullanılarak malzemelerin türüne, sayısına ve özelliklerine göre seçim yapılabilecek bir sistem arayüzü geliştirilmiştir. Burada malzeme seçimi yapıldıktan sonra malzemenin katalog bilgileri arayüz ekranında kullanıcıya sunulmaktadır. Güneş enerji sisteminin kurulacağı konuma göre il seçimi yapıldıktan sonra ise açılı ve güneşlenme ile ilgili değerler verilmektedir. Sistem kurulumu ile ilgili malzemeler seçilerek gerekli malzeme listesi çıkarıldıktan sonra yaklaşık olarak sistem maliyeti kullanıcıya sunulmuştur.

Beşinci ve son bölüm olarak projelendirme aracı ile ilgili yapılan çalışmalar ve arayüz içeriğinden bahsedilmiştir. Projelendirme aracının kullanıcıya ne gibi yararlar sağladığı ve bu aracın nerelerde nasıl kullanılması gerektiği bilgisi verilmiştir. Son olarak ise oluşturulan proje üzerinden tavsiyelere yer verilmiştir.

BÖLÜM 2. LİTERATÜR TARAMASI

Teknolojik gelişmeler sonucunda birçok yenilikler ortaya çıkmaktadır. Bu yenilikler birbirleriyle ilişkilendirildiğinde hayatımızı kolaylaştırmak adına çok faydalı olmaktadır. Bu aradaki iletişimi ne kadar sağlamlaştırırsak yaşam kalitesi de bir o kadar iyileşecektir. Bu nedenle iletişim ile ilgili gerekli bilgilerin, üzerinde işlem yapabileceğimiz yenilenebilir enerji kaynakları ile ilgili çalışmaların geçmişte ne gibi örneklerde yer aldığını gösteren özetler aşağıdaki gibidir.

2.1. Şebekeye Bağlı Hibrit Sistem Benzetimi

Yenilenebilir enerji kaynakları bir arada kullanılarak bir hibrit tasarımı yapılmıştır. Buna ek olarak artacak yük talebine karşılık dizel jeneratör ve batarya gibi farklı bağlantılar ile etkili bir çalışma için kontrol sistemi kurulmuştur. Sistem güvenilirliğini koruyarak kWh maliyetini en aza indirip yük talebini maksimuma çekebilecek güç kaynağı incelemesi yapılmıştır. Otomatik kontrol sayesinde yük için gerekli enerjinin karşılanması amacıyla farklı tip kaynaklar arasında verimli bir geçiş çalışması yapılmıştır (Saeed, 2016) [1].

2.2. YEK Depolama Sistemleri

Gün geçtikçe artan enerji ihtiyacı için yeni teknolojiler gelişmektedir. Enerji üretimi yapan sistemlerin önemi kadar bu enerjinin depolanması için geliştirilen sistemde önemi büyüktür. Çalışmada enerji depolama sistemleri ile jeneratörlerin karşılaştırmaları yapılmıştır. İki farklı sistemin avantajları ve dezavantajlarından bahsedilmiştir. EDS'ler için yapılan test ve analizler sonucunda referans sıcaklık, referans gerilim, referans akım algılama gibi dikkat edilmesi gereken batarya yönetim sistemleri anlatılmış olup gerekli geliştirmeler sonucunda ileride yapılması planlanan çalışmalarda yer alacağı ön görülmüştür (Çarkıt, 2017) [2].

2.3. Hibrit Sistem Analizi

Enerji ihtiyacının artması sebebiyle hibrit sistem kurulumu yapılarak farklı kaynaklardan enerji üretimi sağlanmaktadır. Bu sistemde PV panelleri, rüzgâr türbinleri ve hava ile çalışan ısı pompaları kullanılmıştır. Sistem ek olarak şebeke bağımlı olarak tasarlanmıştır. İklimlendirme ihtiyacı TSE2164 ve ASHRAE standartlarına uygun, aydınlatma için gerekli elektrik ihtiyacı ise Design Builder ve Energy Plus programlarıyla hesaplanmıştır. Güneş enerji ile ilgili hesaplar Matlab ve PVsoll, rüzgâr enerjisinin hesapları ise Weibull programında yapılmıştır. Bu sayede aylık ve yıllık bazda kullanılan enerji miktarları bulunmuş olup şebekeden kullanılan ve şebekeye verilen enerji oranlarına göre finansal getirisi ve sistem amorti süresi hakkında detaylar verilmiştir (Eser ve ark.,2017) [3].

2.4. Güneş Enerji Santral Gelişimi

Enerji ihtiyacının artmasıyla birlikte yenilenebilir enerjiye yönelim olmuştur fakat tam anlamıyla yüksek verim alınamamıştır. 2016 sonu itibariyle 34 güneş santraline ön lisans, 2 santrale ise lisans verilmiştir. Bu çerçevede Uşak ili çevresinde yenilenebilir enerji kaynaklarından GES projelendirilmesi yapılmıştır. Bu kurulum aşamasında ise arazi seçimi, yasal süreçler, konum analizleri, GES kurulum aşamaları ve finansman modeli incelenmiştir. Projeye ek olarak Swot analizi de yapılarak em uygun yer tespit edilmiştir. Gayrimenkul geliştirme için yapılan bu projede 24 dönümlük alanda GES kurulumu yapılabilmesi için ön fizibilite çalışması yapılmıştır. Bu tür gayrimenkul geliştirme çalışmalarında kapsamı geniş ve maliyeti yüksek projelerin sürdürülebilirliği yönünden oldukça önemli ve mutlaka yapılması gereken süreçten bahsedilmiştir (Taktak, 2018) [4].

2.5. Güneş Enerji Sistemlerinin Performans Analizi

Güneş enerjisi sistemi kurulumunda, daha önceden kurulmuş sistemlerden alınacak veriler ve santral performansı büyük önem taşımaktadır. Bu veriler sayesinde kurulacak bölgeye ait özgü tasarımlar yapılabilmektedir. Bu tasarımlar için PVsyst programı kullanılarak ve IEC 61724 standardına göre performans analizi yapılmıştır.

Bu analizle güneş ışınım değerinin, kurulum açısının ve malzeme verimliliğinin üretilen enerji miktarına olan etkisi belirlenmiştir (Haydaroğlu, 2017) [5].

2.6. Güneş Enerji Sistemleri İçin Çatı Uygulama Modelleri

Enerji ihtiyacının artmasıyla küçük çaplı sistemlerin kullanımlarında da artış meydana gelmiştir. Genellikle binaların çatılarına yapılan bu sistemin maliyeti ile ürettiği enerji miktarı çok önemlidir. Kurulum maliyetini kısa sürede çıkaracak bir sistem için karar destek yöntemi oluşturulmuştur. Böylece kurulu gücü karşılayacak en uygun eleman seçimi yaparak, bu karar destek sistemiyle hedeflenen güneş enerji sistem kurulumu gerçekleştirilecektir. Sistem elemanları ve maliyet açısından optimize sonuçlar ortaya çıkarılmıştır. Kullanıcıların çatı güneş sistemi kurulumu talep etmesi aşamasında yaşadıkları teknik bilgi eksikliklerinden kaynaklanan karar verme zorluklarını çözebilecek olan bu program sisteminin yazılım haline getirilmesi ile yenilenebilir enerji kullanımının kurulum açısından kolaylaştırılması ve taleplerin artırılması hedeflenmektedir. (Hedef, 2018) [6].

2.7. GES İçin Kısa Dönem Tahmini Matematiksel Modellenmesi

Güneş enerji sistemlerinde hava şartlarının önemi oldukça büyüktür. Bu sebeple meteorolojik verilerin dikkate alınarak tesis kurulumlarında doğru üretim tahmini yapabilen matematiksel modeller oluşturulmuştur. Bu modellerin oluşturulmasında çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. Güvenilirliği için bilinen test yöntemleri ile test edilerek ortaya çıkarılmıştır. Bu sayede enerji santralleri için üretim planlamasının daha doğru bir şekilde yapılabileceği gösterilmiştir (Alkan, 2018) [7].

2.8. Güneş Enerji Sistemlerinin Konumlandırılması

Güneş enerji sistemlerinden maksimum verim alınabilmesi için kurulum yapılacağı konum kriterleri son derece önem arz etmektedir. Bu sebeple konumlandırma için çok kriterli karar verme teknikleri kullanılarak sistemin kurulması planlanan bölge için alternatifler içinden en uygun olanı belirlenmeye çalışılmıştır. Bu çalışmada Best-

Worst metodu kullanılmıştır. Bu yöntemle kurulum yapılacak en iyi ve en kötü yer belirlenmesi yapılmıştır (Duman, 2018) [8].

2.9. Güneş Pilinin Verim ve Ekonomik Analizi

Fotovoltaik sistemlerde kullanılan güneş panellerinin oluşumunu sağlayan küçük yapılar yarı iletken malzemelerden oluşmaktadır. İçinde kullanılan yarı iletken malzemelere göre verimlerinde değişiklikler meydana gelmektedir. Bu çalışmada güneş pillerinin çalışma prensiplerinden ve pil parametrelerinden bahsedilmiştir. Oluşum karakteristikleri ve verim karşılaştırılması ile ilgili çalışmalar incelenmiştir. Günümüzde kullanılabilirlik koşulları araştırılmış ve ekonomik açıdan maliyet analizi yapılmıştır (Aytaçoğlu, 1996) [9].

2.10. Lityum – İyon Tipi Bataryanın PV Sistemlere Uygulanabilirliği

Günden güne sürekli değişmekte olan lityum-iyon pil teknolojisinin fotovoltaik sistemler için uygunluğu araştırılmış ve diğer bataryalarla karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırmalarda şarj – deşarj ölçümleri yapılmış, üreticilerin katalog bilgisinden yararlanılmış ve bunlarla ilgili hazırlanan modelde karşılaştırılması yapılmıştır. Oluşturulan modellerin simülasyonu yapılmış bunun sonucunda performans ve maliyet analizi olarak sonuçları ortaya çıkarılmıştır (Atabay, 2016) [10].

2.11. Yenilenebilir Enerjide Süreklilik İçin Hibrit Modellemesi

Yenilenebilir enerji sistem teknolojisi gün geçtikçe gelişmektedir. Bu gelişimle birlikte birçok soruna çözüm aranmaktadır. PV sistemlerde süreksizlikte çözülmesi gereken problem olarak görülmektedir. Bu soruna çözüm olarak ise hibrit sistem teknolojisi geliştirilmiştir. Bu sistem üzerinde alana ve zamana bağlı olarak modellemeler gerçekleştirilmiştir. Bu modelleme çalışmasında yarıvaryogram yöntemi rüzgâr şiddetinin alansal temsiline kullanılmış olup güneş sisteminde benzer yöntemlerden faydalanılmıştır. İkinci adım olarak ise rüzgâr ve güneş sistemlerinde oluşan enerji kayıpları hesaplanmış ve bu kayıpların nerede oluştuğunun

anlaşılabilmesi için termodinamik açıdan son yıllarda önem kazanan ekserji analiz yöntemi kullanılmıştır (Kaymak, 2011) [11].



BÖLÜM 3. YENİLENEBİLİR ENERJİ ÇEŞİTLERİ

İnsan nüfusunun artmasıyla birlikte doğru orantılı olarak enerji ihtiyacı da artmaktadır. Teknolojinin hızlı gelişmesi insan hayatını önemli derecede etkilemiştir. Enerji ihtiyacı için gerekli kaynaklar yenilenebilir ve yenilenemeyen olmak üzere ikiye ayrılır. Yenilenemeyen kaynaklar bir kez kullanılmasının yanında çevreye zarar vermesi en büyük dezavantajlarından biridir. En çok kullanılan yenilenemeyen enerji kaynakları kömür ve petroldür. Bu kaynakların maliyeti ve dünya üzerindeki rezervlerinin azalmasından dolayı başka kaynak arayışına zorlamaktadır. Bu kaynaklar dünya kirliliği ve küresel ısınma sorunlarına neden olmaktadır.

Bugün karşı karşıya olduğumuz çevre sorunlarına çözüm üretmek, sürdürülebilir kalkınma için uzun vadeli eylemler gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları tekrardan kullanılabilir olması sebebiyle en verimli kaynaklar olarak görülmektedir. Bu kaynaklar sınırsız, temiz, pratik, ekonomik ve çevre dostudur. Yenilenebilir enerji teknolojilerinin çoğu güneş tarafından desteklenmektedir. Yenilenebilir enerji akışları güneş ışığı ve rüzgâr gibi doğal olayları içerir. Uluslararası Enerji Ajansının açıkladığı gibi gelgitler ve jeotermal ısı buna örnektir. Yenilenebilir enerji sürekli doğal işlemlerden elde edilir. Doğal kaynaklı yenilenebilir enerji sistemleri; Güneş, rüzgâr, jeotermal, gelgit, hidroelektrik, dalga, biyokütle ve hidrojen enerjileridir. Çalışmamız güneş ve rüzgâr kaynaklı olduğu için iki kaynak detaylandırılmıştır [12].

3.1. Güneş Enerji Sistemleri

Yeryüzüne 151.10^6 km uzaklıkta olan güneş, nükleer yakıtlar dışında dünyada kullanılan yakıtların ana kaynağı ve tüm gezegenlere sonsuz enerji verebilecek güce sahiptir. Sürekli olarak hidrojenin helyuma dönüşmesiyle oluşan füzyon reaksiyonları gerçekleşmektedir. Reaksiyon sonucunda oluşan kütle farkı ısı enerjisine dönüşerek uzaya yayılmaktadır. Fakat bu enerjinin küçük bir kısmı yeryüzüne ulaşmaktadır.

Güneşten gelen güç miktarı ise yaklaşık olarak 1.8×10^{11} MW'dır. Bu değer dünyadaki ticari enerji kaynaklarının bugünkü tüketim miktarının binlerce katıdır. Buna göre güneş enerjisi dünyanın, bugünkü ve gelecekteki enerji ihtiyacını karşılayabilecek güçtedir.

3.1.1. Türkiye'de güneş enerji potansiyeli

Türkiye, 36^0 ve 42^0 enlemleri arasında olması sebebiyle ülkenin büyük bir bölümü güneş enerjisinden önemli derecede faydalanmaktadır. Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nün 1966-1982 yılları arasında yaptığı güneşlenme süresi ve ışınlam şiddeti verilerinden yararlanılarak Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) tarafından yapılan ölçümler sonucuna göre Türkiye'de ortalama yıllık toplam 2640 saat, ortalama toplam ışınlam şiddeti $1311 \text{ kWh/m}^2\text{-yıl}$ olduğu tespit edilmiştir. Türkiye'nin aylara göre güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi değerleri verilmiştir. Tablo 3.1.'e göre Ocak ve Aralık aylarında güneşlenme süresi, 103 saat/ay ile minimum, Temmuz ayında ise 365 saat/ay ile maksimum değerindedir.

Tablo 3.1. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli

Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli			
Kaynak: EİE Genel Müdürlüğü			
Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi		Güneşlenme Süresi
	(Kcal/cm ² -ay)	(kWh/m ² -ay)	(Saat/ay)
Ocak	4,45	51,75	103
Şubat	5,44	63,27	115
Mart	8,31	96,65	165
Nisan	10,51	122,23	197
Mayıs	13,23	153,86	273
Haziran	14,51	168,75	325
Temmuz	15,08	175,38	365
Ağustos	13,62	158,4	343
Eylül	10,6	123,28	280
Ekim	7,73	89,9	214
Kasım	5,23	60,82	157
Aralık	4,03	46,87	103
Toplam	112,74	1311	2640
Ortalama	308,0 cal/cm ² -gün	3,6 kWh/m ² -gün	7,2 saat/gün

Güneş enerjisi, ısıtma, havalandırma, klima, soğutma gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu uygulamalara ilave olarak enerji depolanması da yapılmaktadır. Güneş enerjisi sistemlerinin tasarımı ve güneş ışınım ortalama değerlerinin performans analizleri uzun vadeli düşünülerek yapılmaktadır.

Ülkemizin coğrafi konumu nedeniyle sahip olduğu güneş enerjisi potansiyeli, birçok ülkeye göre daha avantajlı durumdadır. Ülkemizin bölgelere göre güneşlenme potansiyeli ve yıllık elektrik güneş potansiyeli de Tablo 4.2.' de verilmiştir. Tabloya göre Güney Doğu Anadolu ve Akdeniz Bölgeleri güneş enerjisi kullanımını için oldukça uygundur [13].

Tablo 3.2. Toplam Güneş Enerjisi Potansiyelinin Bölgelere Göre Dağılımı

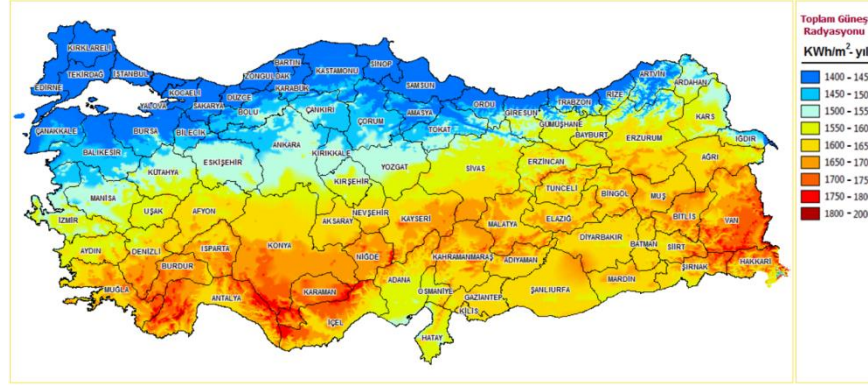
BÖLGE	TOPLAM GÜNEŞ ENERJİSİ (kWh/m ² yıl)	GÜNEŞLENME SÜRESİ(Saat/Yıl)
G.DOĞU ANADOLU	1460	2993
AKDENİZ	1390	2956
DOĞU ANADOLU	1365	2664
İÇ ANADOLU	1314	2628
EGE	1304	2738
MARMARA	1168	2409
KARADENİZ	1120	1971

3.1.2. Türkiye’de güneş enerji santrali kurulabilecek alan özellikleri

Türkiye’de hemen hemen her yerde güneş enerjisinden faydalanılmaktadır. Evin su ısıtmasından başlayıp evin bütün enerji ihtiyacını karşılayacak şekilde tasarlanabilmektedir. Fakat bu tasarımda çeşitli farklılıklar görülmektedir. Bu farklılıkların sebebi ise kurulum yapılacak konumun özellikleridir. Kurulum yapılmadan önce gerekli harita incelenerek kriterler doğrultusunda kurulum gerçekleştirilir.

Eğimin 3⁰’den fazla olan yerlerde, sulak arazilerde, yerleşim ve ormanlık alanlar ve benzeri yerler kullanıma uygun değildir. Diğer şartlarda ise istenilen verime göre günlük güneşlenme süresi, konumlanma açısı ve kullanılacak malzeme türüne

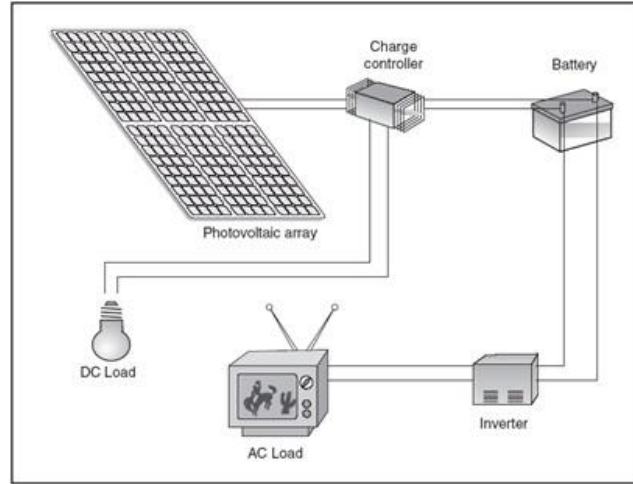
bakılarak kurulumlar gerçekleştir. Türkiye güneş enerji haritası verilerine göre Şekil 3.1.'de görüldüğü gibi üretilen enerji miktarları görülmektedir.



Şekil 3.1. Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası

3.2. Fotovoltaik Sistemler

Güneş ışınlarının güneş pilleri yardımıyla elektrik enerjisine dönüştüren sistemdir. Bu işlem sırasında silisyum, galyum, arsenit, kadmiyum tellurid ya da bakır indiyum diselenid gibi yarı iletken malzemeleri kullanan düzeneklerdir. Kare, dikdörtgen ve daire şeklinde biçimlendirilirler. Yapılarına bağlı olarak %5 ile %20 arasında verimle çalışırlar. Güneş panelleri güneş ışığından elektrik üretirler fakat bu 12 Voltluk bir doğru akımdır. Evimizde kullandığımız cihazlar ise 220 Voltta çalışırlar. Ayrıca sistemin gün ışığı haricinde de çalışması istenmektedir. Bu sebeplerden PV sistemler çeşitli ekipmanlardan oluşurlar. PV sistemlerde kullanılan temel cihazlar; güneş panelleri, solar aküler, şarj kontrol cihazları ve çeviricilerdir. Fakat sistemin güvenli çalışabilmesi için bazı ek cihazların kullanımı da gereklidir. Sistemde cihazların paralel veya seri bağlandığı kablolar, sigorta ve diyotlar, akü dolabı, panel montaj malzemeleri, güç izleyicileri ve çeşitli sayaçlar gibi yardımcı ekipmanlarda kullanılmaktadır [14].



PV Sisteminin Çalışması

Şekil 3.2. Fotovoltaik Sistem Analizi

3.2.1. Güneş pillerinin yapısı ve özellikleri

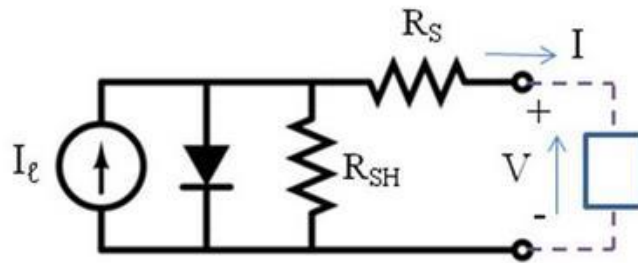
Işık vasıtasıyla belirli bir materyalden elektrik akımı üretilmesi olayı fotovoltaik etki olarak adlandırılmakta ve hem fiziksel hem de kimyasal bir olguyu ifade etmektedir. Fotovoltaik hücre kavramı ise genel olarak bir yarıiletken malzemeden güneş ışığının yarattığı fotovoltaik etki vasıtasıyla doğru akım karakteristikli elektrik enerjisi üreten elektriksel bir kaynağı tanımlamaktadır. Fotovoltaik Yunanca, ışık anlamına gelen photo ve elektrik akımını geliştiren makinayı tasarlayan Alessandra Volt'dan esinlenerek gerilim anlamına gelen voltaic kelimelerinin birleşmesinden oluşur. Güneş hücreleri (fotovoltaik hücreler), ilk kez 1839 yılında Becquerel tarafından araştırılmıştır. PV hücreden elektriksel güç elde edilebilmesi için, güneşten gelen fotonların fotovoltaik malzeme tarafından soğurularak foto akımın ve gerilimin üretilmesi gerekmektedir. Güneşten gelen ışınım, enerji taşıyan fotonlardan meydana gelir. Fotonlar silikon gibi yarı iletken malzemelerin yüzeyine çarparak, atomlardan elektronları serbest bırakırlar. Fotovoltaik hücre üzerine gelen fotonların bir kısmı hücre tarafından soğurulur, bir kısmı yansıtılır, kalan kısım ise hücre içinden geçer. Fotovoltaik hücre tarafından soğurulan fotonlardan elektrik üretilir. Yapımında kullanılan malzemelere bağlı olarak farklı özelliklerde birçok güneş pili üretilmiştir. Bunları aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Kristal Silisyum Güneş Pilleri
- Monokristal Silisyum Güneş Pilleri
- Semikristal (Yarı kristal) Silisyum Güneş Pilleri
- Ribbon Silisyum Güneş Pilleri
- Polikristal Silisyum Güneş Pilleri
- İnce Film Güneş Pilleri
- Amorf Silisyum Güneş Pilleri
- Bakır İndiyum Diselenit Güneş Pilleri

3.2.1.1. PV hücrelerin akım – gerilim karakteristiği

PV hücresi elektriksel olarak diyot ile benzerlik gösterir. Akım – gerilim özellikleri üç ayrı yöntemle belirlenir.

- Sabit bir ışık şiddeti altında, değişken bir direncin açık devre ve kısa devre durumları arasında değiştirilerek, PV hücrenin uçları arasındaki gerilime karşı dirençten geçen akım ölçülür.
- PV hücre karanlıkta, bir dış DC besleme kaynağı yardımı ile diyot gibi çalıştırılarak
- Şiddeti değiştirilebilen bir ışık kaynağının aydınlatılması altında V_{oc} ve I_{sc} değerleri ölçülerek



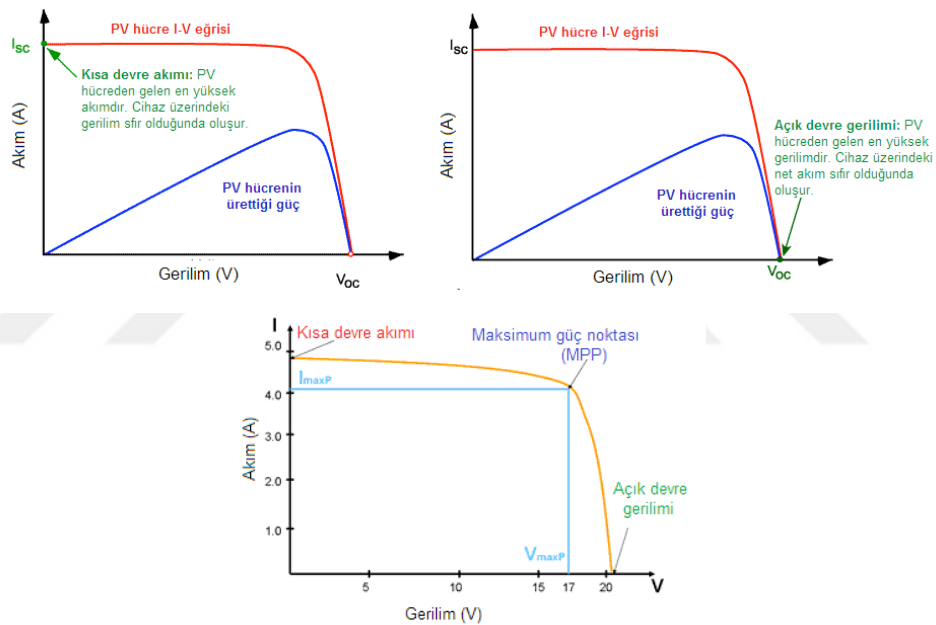
Şekil 3.3. PV Hücre Devresi

3.2.1.2. Açık devre gerilimi (V_{oc})

Bir PV hücrenin açık devre gerilimi (V_{oc}), hücreden geçen akımın sıfır olması durumunda hücre uçlarından ölçülen gerilimdir. Açık devre gerilimi (V_{oc}), hücreden geçen akımın sıfır olması durumunda, hücre uçlarında görülen gerilimdir.

3.2.1.3. Kısa devre akımı (I_{sc})

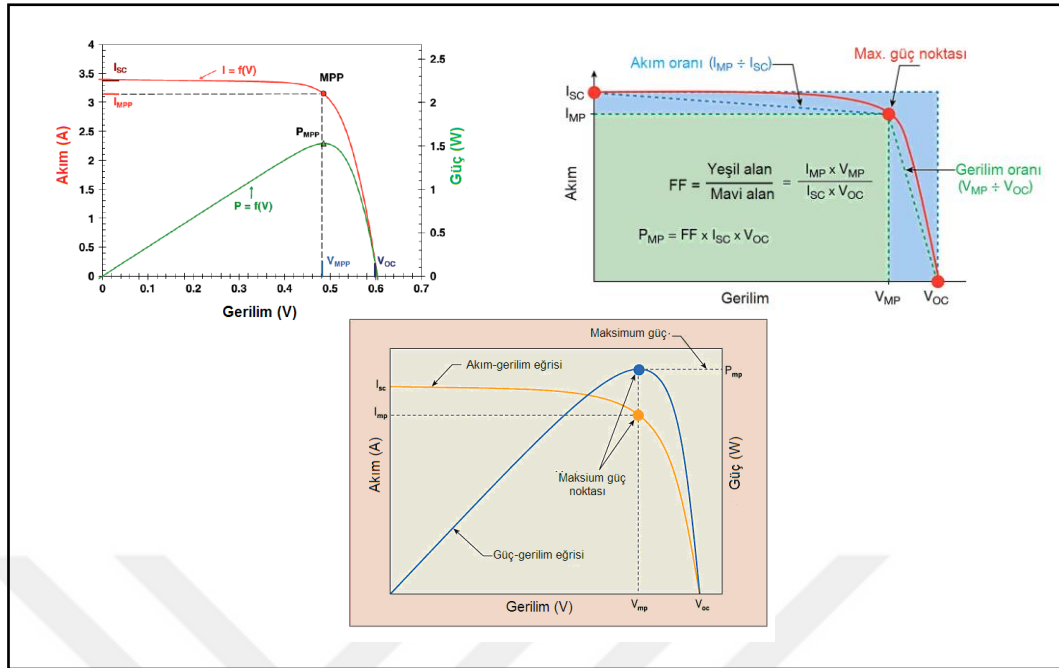
PV hücrenin kısa devre akımı (I_{sc}) ise, sıfır gerilimde ve aydınlatma altında hücreden geçen akımdır. Paralel direnç etkilerinin ihmal edildiği ideal durumda ışıqla oluşan akıma eşit olup, ışınlım şiddetine bağlıdır.



Şekil 3.4. PV Hücrenin Akım-Gerilim Eğrisi

3.2.1.4. Dolgu faktörü (FF)

PV hücrenin maksimum çıkış gücünü, açık devre gerilimi ve kısa devre akımına bağlı olarak tanımlamak için kullanılan bir değişkendir. Seri direnç arttıkça, FF değeri azalır. Dolgu faktörü (FF), maksimum güç değerinin (P_m) açık devre gerilimi (V_{oc}) ve kısa devre akımı (I_{sc}) çarpımına bölünmesiyle belirlenir.



Şekil 3.5. PV Hücrenin Akım-Gerilim(I-V) ve Güç-Gerilim(P-V) Özellikleri

Dolgu faktörü PV hücrelerin ideallik kriteridir. İdeal PV hücrenin dolgu faktörü $FF=1$ olmalıdır. Bundan dolayı PV hücrelerde FF değeri 1'e yakın olması istenmektedir [15].

Tablo 3.3. Değişik Tip PV Hücrelerin Karakteristik Değerleri

PV HÜCRE	ALAN (cm ²)	V _{OC} (V)	I _{SC} (mA/cm ²)	FF (%)	η (%)
Tek Kristal Si	4	0,706	42,2	82,8	24,7
Tek Kristal GaAs	3,9	1,022	28,2	87,1	25,1
Çok Kristal Si	1,1	0,654	38,1	79,5	19,8

3.2.2. Şarj regülatörleri

Şarj regülatörleri, güneş panellerinden gelen akımı ve gerilimi dengeleyerek akünün sağlıklı bir şekilde dolmasını gerçekleştiren cihazlardır. Akünün dolma gerilimi belirlendikten sonra regülatöre tanımlatılır. Daha sonra regülatör o değere göre panelden gelen gerilim değerini ayarlayarak akü dolmasını gerçekleştirir ve dolma tamamlandıktan sonra akımı keserek aküye fazla yük binmesini engeller ve akünün ömrünü uzatır. Şarj regülatörleri tipine göre ikiye ayrılmaktadır. Düşük kapasiteli sistemler için PWM şarj regülatörü en çok tercih edilen cihazlardır. Pulse Width

Modulation anlamına gelen kısaca PWM şarj regülatörleri sürekli olarak akünün durumunu kontrol ederek ve akünün durumuna göre aküye gönderilen gerilimin süresini ve sıklığını ayarlamaktadır. MPPT şarj regülatörleri ise yüksek akü kapasiteli sistemlerde kullanılmaktadır. Maliyeti PWM'lere göre yüksektir. Verimi yaklaşık olarak %90 civarlarındadır. MPPT şarj regülatörleri akülere %10-%30 arasında daha fazla güç gitmesini sağlamaktadır.

3.2.2.1. Şarj regülatör seçimi

Şarj regülatörleri sistemde kullanılacak malzemelerin türüne ve değerine göre değişiklik göstermektedir. Şarj regülatörlerinin seçimi panel ve akünün değerine göre yapılmaktadır.

3.2.2.1.1. Güneş paneline göre seçimi

Güneş paneline göre olan seçimde, panelin gücü ve sayısı ön plana çıkmaktadır. 450 Watt ve 40 Ah güneş paneli gücüne kadar PWM şarj regülatörü seçilebilmektedir. Daha yüksek değerlerde ise MPPT şarj regülatörleri kullanılmaktadır. 450Watt üstü PWM şarj regülatörü kullanıldığında kısa sürede regülatör zarar görecektir. Panel sayısının ise bu değerlere göre seçimi yapılmalıdır. Sistemin sağlıklı çalışabilmesi için şarj regülatörü ile panel arasındaki hesaplamalar doğru yapılmalıdır.

3.2.2.1.2. Akü voltajı ve sayısına göre seçimi

Akü voltajına göre seçim yapılırken ise akü türünün ve değerinin şarj regülatörüyle uyumlu olması gerekmektedir. Güneş sistemlerinde sulu tip, kuru tip ve jel tipi aküler kullanılmaktadır. Seçilecek şarj regülatörünün bu aküleri ayırt edebilmesi gerekmektedir. Her akünün dolun hızı farklı olmasından dolayı akü özellikleri şarj regülatörüne tanıtılması gerekmektedir. Böylece akü ömürleri uzun kalmaktadır. Piyasa da bulunan birçok PWM şarj regülatörlerine aküyü tanımlatarak kendisini ona göre otomatik olarak programlayabilmektedir [16].



Şekil 3.6. Ekranlı Ve Ekransız Şarj Regülatör Çeşitleri

3.2.3. İnverter

Elektriksel bir güç dönüştürme elemanı olarak bilinen inverterler, birçok farklı alanda kullanılmaktadır. İnverterler istenilen gerilim, güç ve frekans değerlerindeki AC akım elde edilmesini sağlar. Yenilenebilir enerji kaynaklarında, araba, tekne ya da kamp alanlarında, aydınlatma ve ısıtmada olmak üzere çeşitli yerlerde kullanılmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji sistemlerinde üretilen enerjiden daha fazla verim alınabilmesi için elde edilen enerjinin en uygun hale getirilebilmesi için daha kaliteli ve stabil çalışan daha fazla özellikleri bulunan inverterler üretilmektedir. İnverterlerin geliştirilmesindeki amaç sistem için tasarruf sağlanmasıdır. Şebekeden gelen gerilim dalgalanmalarını, pikleri, filtre devresinden geçirerek temizleyen invertör cihazı bu etkilerden kaynaklanan motor, mekanik aksam hatalarını azaltır; bu parçaların tamir, bakım maliyetlerini en aza indirir ve ömürlerini uzatır.

3.2.3.1. İnverter çeşitleri ve seçimi

220V AC çıkış veren kare dalga ve tam sinüs olmak üzere iki çeşit inverter bulunmaktadır. Şebekeden gelen gerilim dalgalanmalarını, pikleri, filtre devresinden geçirerek temizleyen invertör cihazı bu etkilerden kaynaklanan motor, mekanik aksam hatalarını azaltır; bu parçaların tamir, bakım maliyetlerini en aza indirir ve ömürlerini uzatır. Modifiye inverterler, saf sinüs gibi elektrik çıkışı vermediği için hassas cihazlarda arızaya neden olmaktadır. Böyle hassas yüklerin beslenmesinde saf sinüs

inverter tercih edilmelidir. Kare dalga inverterler aydınlanma ve ısıtma gibi düşük hassasiyetli sistemler için uygunluk gösterir.

Motorlu yüklerde problemsiz çalışan tam sinüs inverter ağır yükler için uygunluğu, başlangıç akımı yüksek yükler için yüksek demeraj kabiliyeti nedeni ile avantajlıdır. Tam sinüs inverter, gelen voltaj ve frekansları tam sinüs dalga olarak ayarlar. Çalışma frekansları 50/60 Hz, verimleri ise %89 ila %94 arasındadır.

Kullanılacak invertörün gücü seçilirken, şebekeye bağlı (on-grid) sistemler için invertörü besleyen PV santralin gücünün %10'unundan az olmayacak şekilde, şebekeden bağımsız (off-grid) sistemler içinse beslenecek yükün talep değerini karşılayacak şekilde seçilmesi çoğu zaman daha uygun olarak tercih edilir [17].



Şekil 3.7. Tam Sinüs ve Kare Dalga İnverter Çeşitleri

3.2.4. Aküler

Aküler, beslenmesi gereken tüm cihazlara bağlantısı yapıлып devamında şebekeden bağımsız sistemlerde üretilen enerjinin depo edildikten sonra kullanılmasını sağlayan ürünlerdir. Genellikle bakım yapılması gerekmektedir. Çalışma şekli ve bakımına özen gösterilmez ise ömürleri kısalmır ve sistemde sorunlar yaşanabilir. PV sistemlerde genellikle OPzS, jel ve kuru aküler kullanılmaktadır. Kullanılan akülerle ilgili bilgiler aşağıda anlatılmıştır.

3.2.4.1 Opzs aküler

OPzS akümülatörleri sistemlere kesintisiz enerji kaynağı olarak bağlanmak için oluşturulmuş sabit tesis aküleridir. Kullanıcı için yüzdürme gerilimi ile çalışma sistemi minimum bakım gerektirmesiyle birlikte düşük enerji maliyetine de sahiptir. Düşük antimonlu kurşun alaşımı en temel özelliğidir. Kendi kendine deşarjını azaltarak su kaybı oranını büyük ölçüde düşürür. Aktif maddeyi tutuşu ve şarj-deşarj kabiliyeti aynı seviyededir. Ani güç kesintilerinin sistemde sebep olabileceği kapanış ve duruşları engellemek için kullanılan OPzS aküleri şeffaf kutulu olarak imal edilmektedir.

Ömürleri 20 yıl ve üzeridir. Şeffaf monoblok aküler, 6V ve 12V'luk kutular halinde üretilir. 6Vluk olan aküler 100Ah-300Ah, 12V'luklar ise 25Ah-150Ah kapasiteleri arasında üretilmektedir. Yanmaya karşı dirençli kapak, kutu ve kablolara sahiptir.



Şekil 3.8. OPzS Tipi Akü Çeşitleri

3.2.4.2. Jel aküler

İçerisinde jöle kıvamında elektrolit bulunan akülerdir. Ağır çevre koşullarına özellikle de sıcaklığa ve titreşime dayanıklı özel seperatörle donatılmış olup tam kapalı bakım gerektirmeyen akülerdir. Bu yüzden denizcilik ve güneş enerji sistemlerinde tercih edilirler. Dezavantaj olarak hemen şarj edilememektedir. Fakat derin deşarjdan tamamen geri döndürülebilir. Günlük çevrimsel kullanımlar için idealdir. Uzun deşarjlarda ise yüksek performansa sahiptirler. Jel akülerin derin deşarj döngüsü

Absorbed Glass Matt (AGM) aküleri ile kıyaslandığında %50 daha fazladır. Yüksek güvenilirlik ve kaliteye sahiptir. İç dirençlerin düşük olması performanslarının yüksek olmasını sağlamaktadır. Enerji açısından fazla verime sahip olmasından kaynaklı tasarruf sağlanmaktadır. 2V,4V,6V,8V,12V seçenekleri ile 1,3Ah'den 3000Ah kadar çeşitleri vardır. Jel-VRLA tipindeki aküler soğuk ortamda muhafaza edildiğinde bir yıla kadar süreyle yeniden şarj edilmeden saklanabilirler.



Şekil 3.9. Jel Akü Çeşitleri

3.2.4.3. Kuru aküler

Tamamıyla kapalı, bakım gerektirmeyen(asit ve su ilavesi gerektirmeyen) tipte akülerdir. İç yapıları ve teknolojik özelliklerine göre AGM ve jel akü olmak üzere 2'ye ayrılmaktadır. Çok geniş bir ısı yelpazesinde çalışılabilir. Bu akülerin temel özelliği asit taşması veya sızdırması olmamasıdır. Gaz sadece aşırı şarj ve hücre arızası yaşandığı takdirde emniyet valfleri sayesinde dışarı çıkar. Bu akülerde elektrolit, kapiler borudan geçerek plakalar arasındaki bir cam elyafın içine absorbe edilir. Uzun ömürlü, sağlam ve uygun dizayn yapısına sahiptir. Bu yüzden çok güvenlidir ve raf ömrü çok daha uzundur. Yatay, dikey ya da herhangi bir pozisyonda çalışabilir. Ters çevrilse bile asit sızdırmaz. Nominal kapasitenin %20'si seviyesine kadar deşarj olduğu halde kapasite kaybına uğramayan akülerdir [18].



Şekil 3.10. Kuru Tip Akü Çeşitleri

3.2.5. Off-grid veya on-grid çalışma seçeneklerinin planlanması

Kurulacak sistem için önceden yapılan analizler sonucunda off-grid veya on-grid olması planlanmaktadır. Herhangi bir olumsuz durumda enerji kesintisinden etkilenmemek için şebekeye bağımlı sistem kurulmalıdır. Aksi takdirde off-grid sistem basit çözüm olarak kullanılabilir. Aşağıda oluşturulabilecek sistem analizleri yapılmıştır.

3.2.5.1 Şebeke bağlantılı (on-grid) sistemler

Şebeke bağlantılı fotovoltaik sistemler, üretilen enerjinin depolanmasının aksine direkt olarak kullanılmasını gerektiren sistemlerdir. Gerekli olan enerji miktarı belirlendikten sonra güneş panelleri yardımıyla enerji üretimi yapılır. Üretilen enerji yüksek çevrim gücü olan, merkezi şebekeye bağlanabilen inventerler yardımıyla şehir şebeke sistemine bağlanır. Bu sayede panellerden üretilen enerji direkt sisteme gönderilmiş olur. Oluşturulan alan ile birlikte ışınım koşulları uygun olduğu takdirde istenilen güçte elektrik üretimi sağlamak mümkündür. Güneş enerjisi ile elektrik üretimi kurulumu kolay bir enerji üretim aracı olduğu gibi, uzun ömürlü, işletme maliyeti olmayan, pratik ve seyyar olması gibi nedenlerden ötürü öncelikli tercih sebebi olmaktadır.

Şebeke bağlantılı sistemler, yüksek güçte-santral boyutunda kurulabileceği gibi daha küçük güçlü kurulumlarda gerçekleştirilebilir. Bu şekilde bir baz istasyonunun elektrik gereksinimi karşılanabilirken, üretilen fazla enerji elektrik şebekesine verilir, yeterli

enerjinin üretilmediği durumlarda ise şebekeden enerji alınır. Böyle bir sistemde enerji depolaması yapmaya gerek yoktur, bu nedenle akü olmayacağı için maliyeti düşüktür. Yalnızca üretilen DC elektriğin, AC elektriğe çevrilmesi ve şebeke uyumlu olması yeterlidir.

Avantajları ise;

- Sistemde akü gibi depolama birimleri kullanılmayacağı için depolama için ayrıca ek bir maliyet olmaz.
- Sisteme yakın yerlerde tüketim olacağı ve depolama olmadığı için enerji çevriminin daha az olmasından dolayı kayıp minimum miktarda olacaktır.
- Üretilen enerji şebekeye bağlı olduğu için aynı zamanda üretilen enerji yetmediğinde şebeke devreye girecek ve enerji eksiksiz olarak yükü besleyecektir.
- Sistem tasarımı yapılırken, yükün tamamını karşılanması gibi bir zorunluluk olmadığı için istenilen miktara ya da alana göre tasarım yapılabilme esnekliğine sahiptir.
- Alan yeterli olduğu takdirde sistem kurulu gücü artırılabilir.

3.2.5.2. Şebeke destekli sistemler

Bu sistemde şebeke elektriği tek yönlü olarak kullanılır. Üretilen elektrik miktarı yetmediği takdirde şebeke bağlantısı sayesinde enerji ihtiyacı karşılanır. On-grid sistemden farklı olarak şebekeye enerji verilemez. Off-grid sistem yapısı mevcuttur. Enerji ihtiyacına göre akü kapasitesi hesaplanır ve sisteme dâhil edilir. Üretilen enerji ihtiyacın karşılanmadığı ve devamı halinde şebeke bağlantısı devreye girerek sistem beslenmeye devam eder.

Avantajları;

- Şebeke elektriği kesildiği zaman sizin elektriğiniz kesilmez, böylece ups ve jeneratör kullanımına ihtiyaç kalmaz.

- Yasal prosedür yoktur. Yani kurulum için resmi izinlere ihtiyaç duyulmaz. Bu da hem kurulumu hızlandırır hem de yatırım maliyetini düşürür.
- Elektrik faturanızı en alt seviyelere düşürür.
- Bu sistemin zayıf yönü, üretilen fazla elektrik devlete satılamaz.

3.2.5.3. Şebeke bağlantılı öz tüketim sistemi

Bu sistem şebeke enerjisinin olduğu yerlerde kurulumları yapılmaktadır. Üretilen enerji akülerde depolanmadan inverter yardımıyla direkt sisteme verilir. Sistemde kullanılan ARCB cihazı sayesinde on-grid inverter off-grid olarak görev yapar. Böylece şebekeye enerji basılması engellenmiş olur. Üretilen elektriğin yetmediği zamanlarda şebeke bağlantısı devreye girerek sistem beslemesi devam eder. Bu sayede sistem yasal prosedürde off-grid muamelesi görür. Yasal prosedür ve akü grubu bulunmadığı için kurulum maliyeti de düşer. Bu kurulumun önemli özelliği, inverter değişikliği yapmadan, sistemden sadece ARCB cihazı çıkarılarak on-gride dönüştürülebilmesidir. Yani kullanıcı ilerde finansman sağladığı zaman sistemi büyütüp, gerekli izinleri aldıktan sonra, ihtiyacından fazlasını devlete satabilir.

Avantajları;

- ARCB cihazının çıkarılması ile on-gride dönüştürülebilmesi.
- Yasal prosedür olmaması.
- Maliyetlerin şebeke destekli ve on-grid sisteme göre daha düşük olması.

3.2.5.4. Şebekeden bağımsız (off-grid) sistemler

Elektrik ihtiyacının olduğu ancak şebeke elektriğinin olmadığı yerlerde çözüm olarak off-grid akülü sistem kullanılması gerekmektedir.

Avantajları;

- Şebekenin olmaması halinde ekonomik çözümdür.

- Şebeke bağlantısının tesis maliyetine kıyasla uygun ve gerçekleştirilebilir,
- Yakıt maliyeti yoktur.
- Kurulu süresi kısadır,
- Sistemler enerji ihtiyacına göre arttırılabilir.
- Sistemler aşama aşama kurulabilir, bu sayede esnek kurulum maliyetleri vardır [19].

3.3. Hibrit Sistemler

Fotovoltaik güneş panellerinin ve rüzgâr türbin sistemlerinin iklim koşullarına göre enerji üretim miktarlarında farklılıklar meydana gelmektedir. Bu sebeple birbirlerinin eksikliklerini tamamlayacak şekilde sistemleri birleştirerek daha fazla enerji üretimi sağlanmaktadır. Bu sisteme hibrid sistem adı verilir. Sistemin birçok avantajı vardır. Yazın güneş ışınları fazla olduğu zamanda rüzgâr hızı düşük olup, kışın ise rüzgâr hızı yüksek, güneş ışınları düşüktür. Her iki sistem için verimli enerji üretimi, günün ve yılın değişik zamanlarında farklılık gösterir. Bu durumda rüzgâr hızının yetersiz veya verimsiz olduğu durumlarda alternatif olarak güneş sistemi kullanılabilir. Böylelikle sistemin devamlılığı söz konusu olabilir. Hibrid sistem her iki tip enerji kaynağını da içinde barındırdığı için maliyeti azda olsa fazladır. Hibrid uygulamalar özellikle yaz-kış enerji gereksiniminin olduğu kesintiye uğramaması gereken yerler için güneş ve rüzgâr sistemleriyle desteklenmesi gereken sistemlere uygulanır.

Hibrid uygulamalarda güneş, rüzgâr ve diesel enerji kaynaklarının ikili veya üçlü olarak kullanımı mümkündür. Sistem Güneş Enerjisi veya Rüzgâr Enerjisinin çalışma sistemiyle tamamen aynıdır. Sadece sisteme ek yapılmaktadır. Her hangi bir zorluğu yoktur. Proje gereksinimlerine göre şebekeye paralel (on-grid), şebekeden bağımsız (off-grid) ve Green-Line (şebeke destekli) olarak tasarlanabilir [20].

3.4. Batarya Teknolojileri

Batarya diye bahsettiğimiz cihazlar çok sayıda amaç için elektrik sağlarlar. Dolayısıyla kullanım açısından kolay ve avantajlı bir üründür. Fakat akülerin değeri, şarj-deşarj, ömür vb. gibi faktörler kullanılacağı alanı belirlemektedir. Günümüzde PV sistemlerinde Nikel-Kadmiyum (NiCd) ve Kurşun – Asit (PbA) bataryalar sıklıkla kullanılmaktadır. Farklı redoks akışlı pil türleri ve yüksek sıcaklıkta sodyum-kükürtlü piller gibi gelişmekte olan bazı pil teknolojileri, yenilenebilir enerji için uygun olabilir.

Gün boyunca üretilen ve yükler tarafından kullanılmayan enerji bataryada depolanır. Üretilen bu enerjiler geceleri veya hava koşullarının uygun olmadığı günlerde kullanılır. Fotovoltaik sistemlerde bulunan piller çoğunlukla şarj edilebilir nitelikte olduklarından, daha güçlü gereksinimleri karşılamalıdır. Sık kullanılan Kurşun-Asit piller özellikle derindeşarj gerektiren PV sistemler için üretilmektedirler. Nikel-Kadmiyum ve nikel metal hidrür gibi diğer pil türleri taşınabilir cihazlar haricinde nadiren kullanılır. Hermetik piller çoğunlukla jel formunda bir elektrolitten oluşur. Bu tür piller bakım gerektirmez. Tipik güneş pilinin ömrü şarj-deşarj, sıcaklık ve diğer parametrelere bağlı olarak 3 yıldan 5 yıla kadar uzar. Pilin şarj –deşarj durumu ne kadar sık olursa kullanım ömrü kısalmır. Enerji ihtiyacı olan ürünlerin fonksiyonlarını uzun süreli ve etkin olarak idame ettirebilmeleri için temel şart yüksek enerji yoğunluğuna sahip, güvenli, uzun ömürlü, bakımı kolay, kısa sürede şarj edilebilen ve çevreye zarar vermeyen bir enerji kaynağına sahip olmalarıdır. Bataryalarla ilgili bazı kavramlar öne çıkmaktadır. Kavramlar hakkında detaylar aşağıda belirtilmiştir.

3.4.1. Enerji yoğunluğu

Bir bataryanın birim ağırlık veya birim hacim başına depolayabileceği elektrik enerjisi miktarına enerji yoğunluğu adı verilir. Gravimetrik ve volümetrik olmak üzere iki temel kavram şeklinde ele alınmaktadır. Gravimetrik enerji yoğunluğu Wh/kg birimi ile ifade edilmekle birlikte anlaşılacağı üzere birim ağırlıkta depolanabilecek elektrik enerjisi miktarını belirtmekte, volümetrik enerji yoğunluğu ise Wh/lt birimi ile gösterilir ve birim hacimde depolanabilecek elektrik enerjisi miktarını belirtir. Bataryalarda yüksek enerji yoğunluğu istenen ve hedeflenen bir durumdur.

3.4.2. Şarj verimliliği

Şarj verimliliği deşarj sırasında bataryadan elde edilen elektrik enerjisi ile şarj esnasında bataryaya verilen elektrik enerjisinin oranlanmasıyla elde edilir. Bu değer %100'den düşük bir rakamdır. Dolayısıyla oldukça yüksek olması istenmektedir. Enerji verimliliği düşük bir batarya hücresi yüksek oranda tercih edilmemektedir.

3.4.3. Çevrim ömrü

Bir bataryanın belirli bir doluluk oranına kadar deşarj edilmesinin ardından tam olarak şarj edilmesine çevrim adı verilmektedir. Batarya hücresinin amper-saat (Ah) olarak verilen kapasite değerinin %80'ine kadar koruyacak şekilde kaç kez çevrim edilebiliyor ise söz konusu bataryanın çevrim ömrü o sayıya eşittir.

Çevrim ömrü parametresi sıcaklık ile orantılı bir değer olup bataryanın çalışma sıcaklıklarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu batarya kimyasına bağlı olarak değişmektedir.

3.4.4. Güvenli çalışma bölgesi

Bir batarya hücresinin şarj ve deşarj durumunda hasara yol açılmaması için dikkat edilmesi kurallar vardır. Bu kuralların tümü güvenli çalışma bölgesinin sınırlarını belirlemektedir. Batarya kimyalarına göre farklılık göstermekle birlikte güvenli çalışma bölgesi genel olarak maksimum şarj gerilimi, şarj akımını, minimum deşarj gerilimi ve deşarj akımını belirtmekle birlikte aynı zamanda çalışma sıcaklığına dair özellikleri de ifade eden bir terimdir [21].

BÖLÜM 4. ARAYÜZ VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

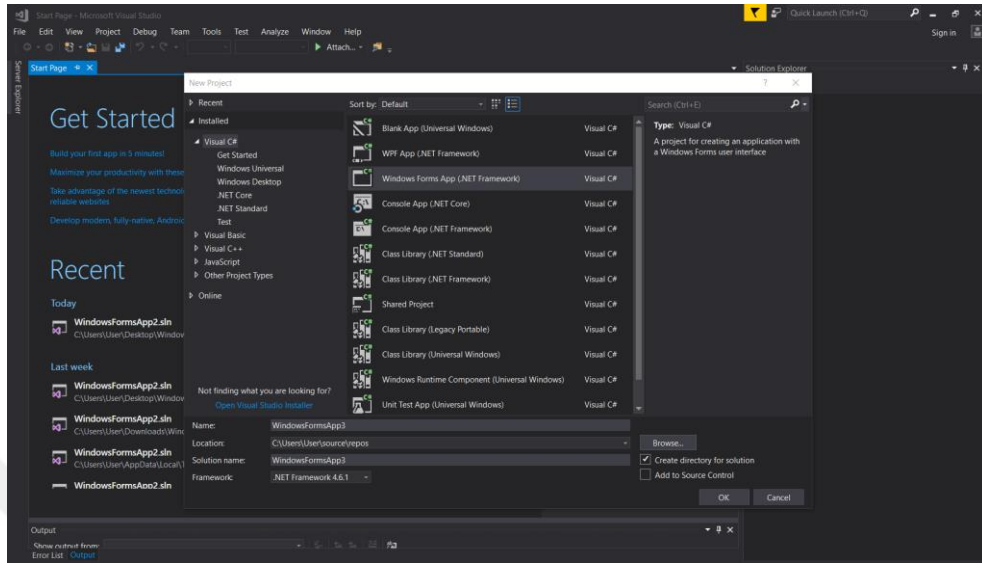
Kullanılacak olan güneş sistemleri ile ilgili kurulum öncesi kullanıcıyı bilgilendirmek amacıyla projelendirme aracı olarak C# programı üzerinden bir arayüz geliştirilmiştir. Bu arayüzde sistem ile ilgili gerekli olan bütün hesaplamalar kullanıcıya sunulmuştur. Malzeme özellikleri, maliyet analizi ve güneşlenme açısı değerleri gibi birçok özellik arayüze eklenmiştir. Genellikle kısa süreli mobil istasyon, afet durumları, miting ve konser gibi uygulamalarda dönemsel olarak da hesaplamaların yapılabilmesi için değerler aylık olarak sınıflandırılmıştır.

4.1. C# Yazılımı Nedir?

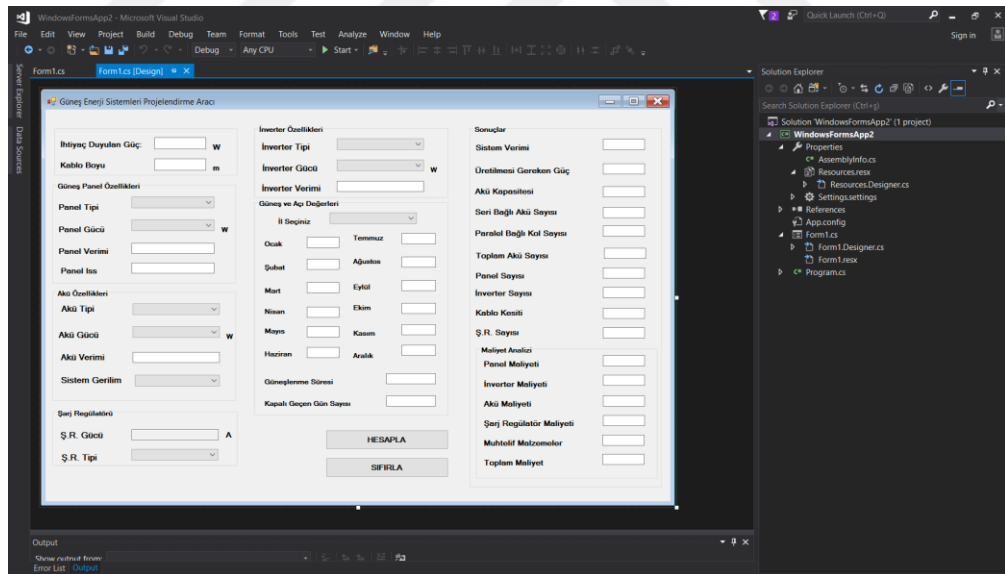
C#, yazılım sektöründe en çok kullanılan iki yazılım türü olan C ve C++ programlarından türetilmiştir. Microsoft tarafından geliştirilen C# .NET ortamında kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Dilin tasarlanmasında Anders Hejlsberg öncülük etmiştir. .Net Framework platformu sayesinde tamamen nesne yönelimli bir yazılım dilidir. C#, nesne yönelimli bir programlama diliyken .Net Framework ise C# için geliştirilmiş bir çalışma ortamıdır. Kullanılacak nesneyi programlayıcıya sürükledikten sonra nesneyi amacına uygun bir şekilde kullanabilmek için kod satırlarının yazılması gerekmektedir. C++ ve Visual Basic dillerindeki tutarsızlıkların kaldırılması için geliştirilen bu program nesne yönelimli dillerin içinde en gelişmiş programlama dili olmuştur.

Ayrıca gelişmiş olan derleyici özelliğiyle hata olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Program çalıştırdıktan sonra geliştirilmiş derleyici tarafından algılanan Class ve syntax hataları kullanıcıya ayrı bir pencerede detaylı bir şekilde verilmektedir.

Başlangıç ekranından nesneye yönelik bir çalışma olacağından dolayı .Net Framework çalışma sayfası seçilmelidir.



Şekil 4.1. C# ile .Net Framework Platformuna Giriş

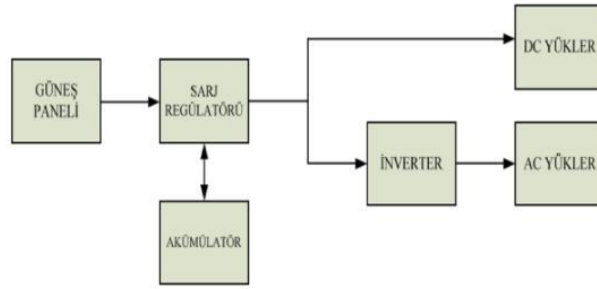


Şekil 4.2. .Net Framework Çalışma Sayfası

4.2. Örnek Sistem Planlanmasının Analiz ve Maliyet Hesaplaması

Sistem hesabı yapılırken öncelikle sistemin özellikleri incelenmelidir. İlk olarak on-grid mi yoksa off-grid mi olacağı belirlenmelidir. Çünkü ikisinde de ortak olan

malzemeler olduğu gibi her ikisinde de kullanılmayacak malzemelerde mevcuttur. Bu çalışmada off-grid sistemin maliyet analizi yapılmıştır. Öncelikli olarak sistem malzemelerini çıkartılır. Şebekeden bağımsız sistemler genellikle şebekeye erişimin zor olduğu yerleşim yerlerinden uzak olan bölgelerde telekomünikasyon ve trafik işaretleri gibi sistemlerin enerji ihtiyaçlarını karşılamak için kullanılırlar. Şekil 4.6.'da şebekeden bağımsız bir sistemi oluşturan elemanlar görülmektedir. Genel olarak güneş paneli, şarj regülatörü, akümülatör(akü grubu) ve inverterden oluşmaktadır.



Şekil 4.3. Şebekeden Bağımsız Bir Sistemin Genel Yapısı

Maliyet hesabında öncelikle ihtiyaç duyulan güç hesaplanacaktır. Günlük enerji olarak 5kW olarak belirleyelim. PV sistemler üretilen enerjinin tamamı yüke aktarılmaz. Sistemde kullanılan cihazların verimlerine göre enerji kaybı oluşur. Bu sebeple bu enerji kaybı dikkate alınarak verim hesabı yapılması gerekmektedir. Güneş panelinin verimliliği %80, akülerin verimliliği %80 ve inverterlerin verimliliği ise %90 civarındadır. Bütün bunlar dikkate alındığında sistem verimliliği ise aşağıdaki denklemde hesaplanmıştır.

$$n_{sis} = n_{pv} \cdot n_{akü} \cdot n_{inv} = (0.80).(0.80).(0.90)=0.58 \quad (4.1)$$

$$YE = ÜGE \cdot n_{sis} \quad (4.2)$$

YE=Yükün enerjisini, ÜGE=üretilmesi gereken enerjiyi göstermektedir. Varsaydığımız yükümüzün enerji 5kW olarak belirlenmişti. Buna göre;

$$ÜGE = YE / (0.58)$$

ÜGE = 6000 / (0.58) = 10344Wh olarak hesaplanmıştır. Bu ihtiyacın karşılanması için ise panel gücü ve sayısı belirlenmelidir. Panel sayısı günlük enerji ihtiyacı ve

güneşlenme süresine göre belirlenmektedir. Güneşlenme süresi sistemin kurulacağı yere göre belirlenecek olup 4 saat olarak belirlenmiştir. Kullanılacak panel gücü 200 W olarak kullanılması durumunda aşağıdaki denkleme göre panel sayısı belirlenmektedir.

$$\text{Panel Sayısı} = \text{Günlük Enerji İhtiyacı} / \text{Panel Gücü} * \text{Güneşlenme Süresi} \quad (4.3)$$

Buna göre;

$$\text{Panel Sayısı} = 10344 / 200 * 4$$

PS=12.93 ~ 13 adet panel kullanılacak. Enerji üretilmediği zaman enerji ihtiyacı akülerden sağlanacağı için akü kapasitesi belirlenirken güneşsiz gün sayısı kadar enerji depo edileceği düşünülerek hesaplanır.

$$\text{Akü Kapasitesi} = (\text{Günlük enerji ihtiyacı/deşarj olma faktörü}) * \text{KGGS} \quad (4.4)$$

10344 Wh günlük enerji ihtiyacı, 0.65deşarj faktörü ve 1.5 güneşsiz geçen gün sayısı dikkate alındığında akü kapasitesini hesaplanabilir.

AK=(10344/0.65)*1.5 = 23870 W olarak hesaplanmıştır. Akü sayısı, akü kapasitesine ve akünün amper-saat(Ah) değerine göre belirlenir. İki adet 12V akü seri bağlandığında 24V olur. 200Ah'lik aküler kullanılırsa 23870 Wh enerji elde edebilmek için 2 akünün seri bağlı olduğu 5 paralel kola ihtiyaç vardır. Bu şekilde kurulan sistemde 200*24*5=24000 Wh enerji depolayabilmektedir. İnverter seçiminde ise kullanılacak inverterin yükün çekebileceği maksimum gücü kaldırabilmelidir. Off-grid ve on-grid sistemlerde kullanılan inverter çeşitlerinde değişiklikler olabilir.

Tablo 4.1. Malzeme Birim Fiyat Listesi

Malzeme	Birim Fiyat
Güneş Paneli(200W)	500 TL
Akü(200Ah)	2000 TL
Mppt(Şarj Controller 30A)	750 TL
İnverter (3000VA)	1250 TL

Tablo 4.1. (Devamı)

Solar Kablo	8 TL
Konnektör	22 TL
Üçgen Ayak	300 TL
Hareketli Sistem	5000 TL
TOPLAM	9830 TL

Burada çıkarılan malzemeler ve fiyatlara göre 6kW'lık bir sistem için aşağıdaki tablo oluşturulmuştur [22].

Tablo 4.2. Sistem Maliyet Analizi

Malzeme	Adet	Fiyat
Güneş Paneli(200W)	13	6500 TL
Akü(200Ah)	10	20000 TL
Mppt(Şarj Controller 30A)	1	750 TL
İnverter (3000VA)	1	1250 TL
Solar Kablo	200m	1600 TL
Konnektör	10	220 TL
Üçgen Ayak	7	2100 TL
Hareketli Sistem	1	5000 TL
Toplam		37420 TL

Bu bilgilere ek olarak gerekli olan değerlerin optimum seviyede olması amacıyla güneş panel sistemlerinin güneş ışınımını maksimum yaptığı eğim açıları da hesaplanmıştır. Bu açı hesabı yapılırken Tırmıkçı ve ark. “Sakarya İli İçin Güneş Yüzeylerinin Optimum Eğim Açılarının Belirlenmesi” adlı makalesindeki denklemlerden yararlanılmıştır. Makalede birçok denklemden faydalanılmış olup ana denklemler programlamada kullanılmıştır.

$$H_t = H_b * R_b + H_d * R_d + H * \rho_g * \left(\frac{1 - \cos \beta}{2} \right) \quad (4.5)$$

Bu denklemde H_t eğimli yüzey için toplam güneş ışınımı, $H_b * R_b$ eğimli yüzey için direkt güneş ışınımı, $H_d * R_d$ eğimli yüzey için dağınık güneş ışınımı, ρ_g zemin yansıtma katsayısı ve β yüzey eğim açısıdır. Yatay yüzeyler için direkt güneş ışınımı evrensel güneş ışınımı ile dağınık güneş ışınım farkından meydana gelmektedir.

$$H_b = H - H_d \quad (4.6)$$

R_b direkt güneş ışınımı eğim açısı;

$$R_b = \frac{\cos(\phi - \beta) * \cos \delta * \sin w_s' + \frac{\pi}{180} * w_s' * \sin(\phi - \beta) * \sin \delta}{\cos \phi * \cos \delta * \sin w_s + \frac{\pi}{180} * w_s * \sin \phi * \sin \delta} \quad (4.7)$$

$$S_0 = \frac{2}{15} \times w_s \quad (4.8)$$

w_s' eğimli yüzeyler için gündeğümü saat açısıdır.

$$w_s' = \min \left[\begin{array}{l} a \cos(-\tan \phi * \tan \delta) \\ a \cos(-\tan(\phi - \beta) * \tan \delta) \end{array} \right] \quad (4.9)$$

R_d dağınık güneş ışınımı için eğim katsayısıdır.

$$R_d = \frac{H_b}{H_0} * R_b + \left(1 - \frac{H_b}{H_0}\right) * \left(1 + \frac{\cos \beta}{2}\right) * \left[1 + \sqrt{\frac{H_b}{H}} * \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)^3\right] \quad (4.10)$$

Bu denklemler Matlab programında oluşturularak β değerinin 0 ile 90 derece arasındaki değişiminde elde edilen maksimum H_t değerini veren β değeri en uygun eğim açısı olarak belirlenmiştir. Türkiye'deki her ilin her ay için en uygun değeri hesaplanmış olup istenilen zaman aralıklarında farklı güçteki ihtiyaçlar için tek bir ara yüz kullanılarak hesap yapılabilmektedir [23].

4.3. Nesnelerin Programlanması

Nesne programlaması yapılırken kullanılacak malzemelerle ilgili olarak ayrı bloklarda işlemler yapılmaktadır. Panel, akü, şarj regülatörü ve inverter gibi kullanılacak olan malzemelerin katalog bilgi değerlerine göre programlanmış standart değerler arayüz programına eklenmiştir. Piyasa da bulunmayan veya özel üretim malzemeler için ise

diğer seçeneği eklenmiştir. Buna göre kullanıcıya geniş bir ürün yelpazesi için işlem yapabilmesi sağlanmaktadır. 6 farklı giriş bloklarıyla beraber 2 adet çıkış bloğu bulunmaktadır. Giriş bloklarında kullanılacak malzemelerin özellikleri belirlenirken çıkış bloklarında ise sonuç değerler ve bu değerlere göre maliyet analizi yapılmıştır.

İhtiyaç Duyulan Güç: W

Kablo Boyu m

Şekil 4.4. Sistem Bilgi Bloğu

Program ilk çalıştırıldığında sistem için gerekli güç değerinin girilmesi istenmektedir. Bu girilen değere göre seçilecek malzemelerin miktarı belirlenecektir. Bununla birlikte solar sistemin kurulacağı nokta ile yükün arasındaki mesafe sisteme tanımlatılarak kullanılacak olan kablo kesitinin de hesabı yapılarak sonuç kısmında kullanıcıya sunulacaktır.

Güneş Panel Özellikleri

Panel Tipi

Panel Gücü W

Panel Verimi

Panel İss

Şekil 4.5. Güneş Panelinin Özellik Bloğu

Güneş panelinin bloğunda panel tipi seçimi için kullanıcıya panellerle ilgili değerler sunulmuştur. Burada kullanıcı panel tipi için panel tipi combo bölümünden monokristal veya polikristal panel tipini seçebildiği gibi başka tipteki bir panel için ise diğer seçeneği konulmuştur. Burada monokristal veya polikristal seçimi yapıldıktan

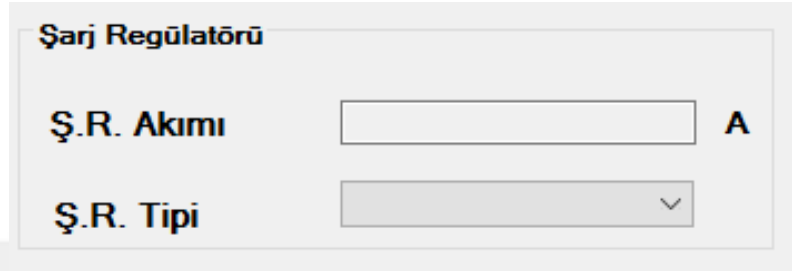
sonra panel tiplerine göre değişkenlik gösteren güç değerleri de sisteme eklenmiştir. Piyasada bulunan panel güçlerine göre panel gücü combo bölümünden güç değerini seçebilmektedir. Panel tipi diğer seçildiğinde ise diğer panel tipinin gücünü kullanıcı girmektedir. Panel verimi ise panelin verimine ve gücüne göre değişiklik gösterdiği için iki değerde seçildikten sonra panel verimi kutucuğunda kullanıcıya verilmektedir. Panel verim değeri sistem veriminde kullanılmaktadır. Panelin kısa devre akımı ise şarj regülatörünün akım değerini bulmada kullanıldığı için bu bölümde bu değerde kullanıcıya sunulmuştur.

Şekil 4.6. Akü Özellik Bloğu

Akü bloğunda ise batarya sistemi için gerekli olan akü tiplerinin bilgileri ve değerleri verilmiştir. Burada güneş enerji sistemlerinde sıklıkla kullanılan jel, kuru ve opzs tipi aküler akü tipi combo bölümünde listelenmiştir. Her grup akünün güç değerleri farklı olduğu için akü gücü combo bölümüne güç değerleri girilmiştir. Kullanıcı burada uygun olan akü tipini ve gücünü seçerek sistemini kurabilmektedir. Sistem veriminde kullanmak için akü verimi de seçilen aküye göre kullanıcıya sunulmuştur. Akü tipi ve gücü seçildikten sonra akü miktarının belirlenmesinde etkili olan ve sistemin kaç volt ile çalışması gerektiğini sistem gerilimi combo bölümünden seçiyoruz.

Şekil 4.7. İnverter Özellik Bloğu

İnverter özellikleri bloğunda ise seçenekler arasında tam sinüs ile modifiye sinüs inverter tipleri eklenmiş olup ekstradan diğer seçeneği eklenmiştir. Burada inverter tipine göre gücü değerleri farklılık göstermektedir. Daha kapsamlı inverter tipleri için diğer seçeneği sisteme eklenmiştir. Tipi ve gücü seçildikten sonra katalog bilgi değerlerine göre verimi kullanıcıya verilmektedir. Buradaki verim de sistem veriminde kullanılmaktadır.



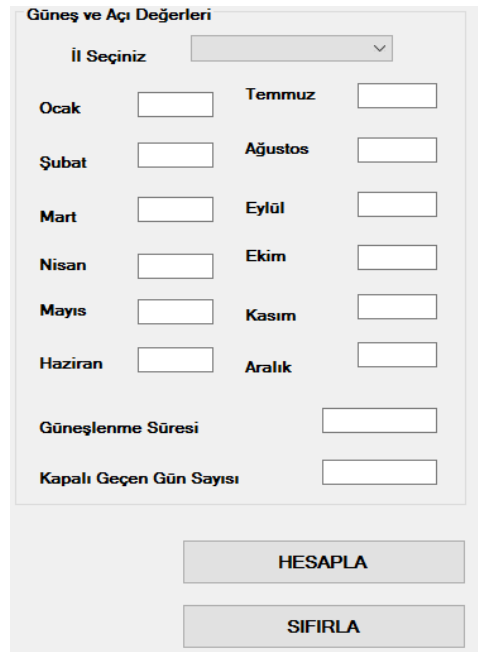
Şarj Regülatörü

Ş.R. Akımı A

Ş.R. Tipi

Şekil 4.8. Şarj Regülatör Özellik Bloğu

Şarj regülatörü solar sistemlerde kullanılan önemli malzemelerden biridir. Sistemin akımına göre seçilmesi gereken aksi takdirde yanarak bozulabilecek bir malzemedir. Bu sebeple şarj regülatörü için akım hesabı yapılmıştır. Bu hesap ile çıkan akım değerine göre şarj regülatörünün seçimi yapılmaktadır. Seçilecek olan regülatörün akımı hesaba göre çıkan akım değerini kapsamaması gerekmektedir.



Güneş ve Açık Değerleri

İl Seçiniz

Ocak	<input type="text"/>	Temmuz	<input type="text"/>
Şubat	<input type="text"/>	Ağustos	<input type="text"/>
Mart	<input type="text"/>	Eylül	<input type="text"/>
Nisan	<input type="text"/>	Ekim	<input type="text"/>
Mayıs	<input type="text"/>	Kasım	<input type="text"/>
Haziran	<input type="text"/>	Aralık	<input type="text"/>

Güneşlenme Süresi

Kapalı Geçen Gün Sayısı

HESAPLA

SIFIRLA

Şekil 4.9. Güneş ve Açık Özellik Bloğu

Güneş ve açı özelliklerinin verildiği blokta ise sistem kurulumunun yapılacağı il seçimi yapılarak her ile özgü aylık olarak açı değerleri hesaplanmıştır. Sistemin bu açı değerlerine göre konumlandırılması optimum seviyede verimi sağlayacaktır. Burada güneş ile ilgili bilgiler ise YEGM verilerinden sağlanmıştır. Kapalı geçen gün sayısı akü kapasitesini belirleyeceği için bu seçenek kullanıcı tarafından girilmesi için manuel giriş olarak tanımlanmıştır. Bütün giriş bloklarındaki değerler girildikten ve seçildikten sonra hesapla butonu ile sistem için gerekli olan tüm bilgiler sonuç kısmında kullanıcıya verilmektedir. Kullanıcı sonuç değerleri gördükten sonra giriş bloklarında istediği değeri değiştirerek tekrar hesapla butonuna basarak kurulacak sistemle ilgili fikir elde edebilmektedir. Hesap yaptıktan sonra girilen bilgilerin tek tek silinmesi yerine sıfırla butonu ile bütün giriş blokları sıfırlanmaktadır.

Sonuçlar	
Sistem Verimi	<input type="text"/>
Üretilmesi Gereken Güç	<input type="text"/>
Akü Kapasitesi	<input type="text"/>
Seri Bağlı Akü Sayısı	<input type="text"/>
Paralel Bağlı Kol Sayısı	<input type="text"/>
Toplam Akü Sayısı	<input type="text"/>
Panel Sayısı	<input type="text"/>
İnverter Sayısı	<input type="text"/>
Kablo Kesiti	<input type="text"/>
Ş.R. Sayısı	<input type="text"/>

Şekil 4.10. Sonuç Değerler Bloğu

Sonuçlar kısmı ise bir güneş enerji sistemi kurulumu önceki gerekli olan malzemeleri kullanarak sistemin oluşturulmasına kolaylık sağlanmaktadır. Giriş bloklarında bulunan malzemelere ait tip, güç, verim ve kullanıcının gerekli olan bilgilerine göre sistem için verim, miktar ve maliyet analizi yapılmaktadır. Giriş bloklarındaki değerlerde değişiklik yaparak sistem için kıyaslama yapılabilmektedir. Burada

bulunan sonuçlar neticesinde kullanılacak olan malzemelere göre bir fiyat çalışması yapılarak maliyet analizi bölümünde kullanıcıya gerekli enerji üretimi için ne kadar maliyet gerektirdiğini göstermektedir. Kablo kesitinin hesabı ise sistem ile yük arasındaki mesafe düşünülerek gerilim düşümü değerine göre hesaplanmıştır.

Maliyet Analizi	
Panel Maliyeti	<input type="text"/>
İnverter Maliyeti	<input type="text"/>
Akü Maliyeti	<input type="text"/>
Şarj Regülatör Maliyeti	<input type="text"/>
Muhtelif Malzemeler	<input type="text"/>
Toplam Maliyet	<input type="text"/>

Şekil 4.11. Maliyet Analizi Bloğu

Maliyet analizi bloğunda ise sistemde kullanılacak olan tüm malzemelerin piyasa araştırılması yapılmış olup sonuçlar bloğundaki değerlere göre toplam maliyet analizi yapılmıştır. Muhtelif malzemeler olarak ayrı bir fiyatlandırma koyularak belirli miktarlardaki sistem kurulumları için ortalama bir değer toplam maliyete eklenmiştir. Toplam maliyet değerine göre giriş bloklarından değişiklik yaparak maliyet karşılaştırılmasının yapılması mümkündür.

Güneş Panel Özellikleri	
Panel Tipi	<input type="text" value="Diğer"/>
Panel Gücü	<input type="text"/> W
Panel Verimi	<input type="text"/>
Panel İss	<input type="text"/>
Panel Fiyatı	<input type="text" value="Fiyatı Giriniz"/>

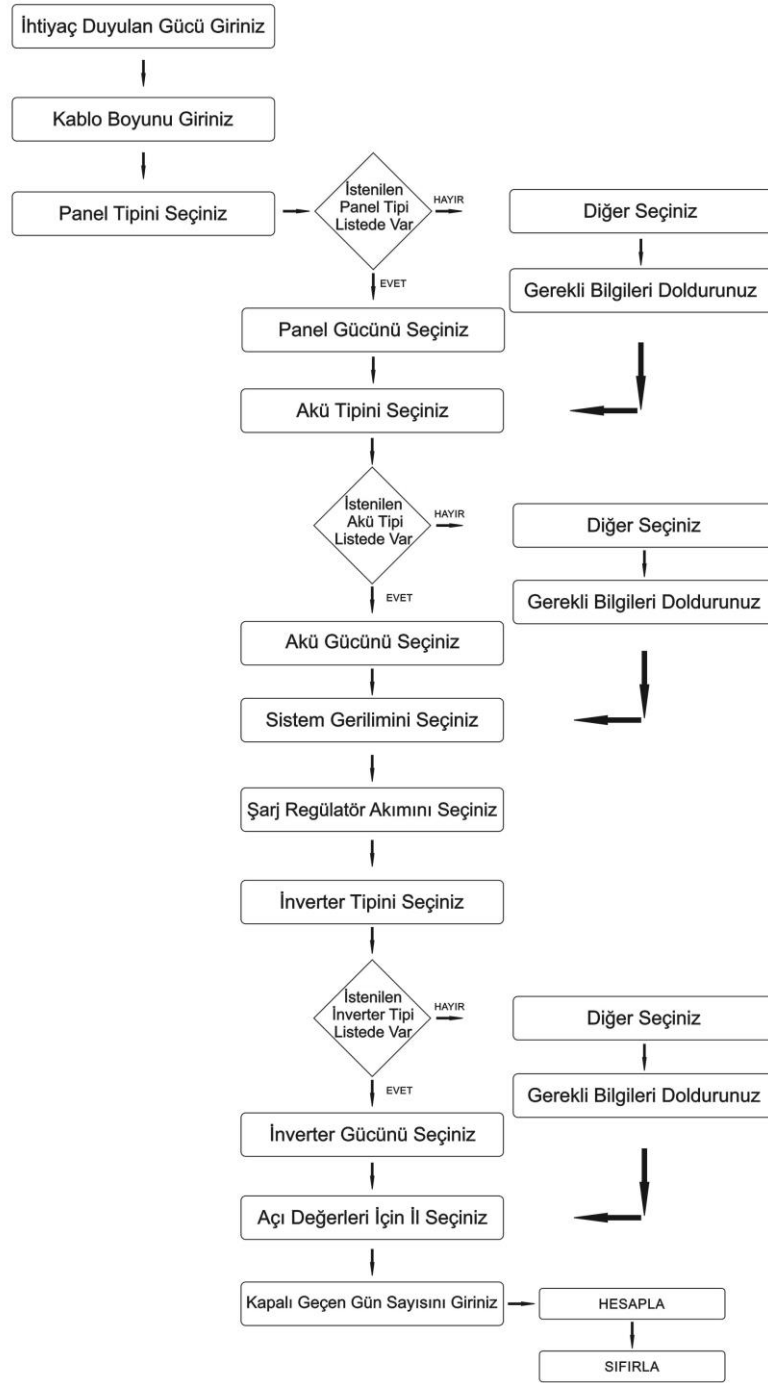
Akü Özellikleri	
Akü Tipi	<input type="text" value="Diğer"/>
Akü Gücü	<input type="text"/> W
Akü Verimi	<input type="text"/>
Akü Fiyatı	<input type="text" value="Fiyatı Giriniz"/>
Sistem Gerilim	<input type="text"/>

Şekil 4.12. Diğer Seçeneğinin Özellikleri

Panel, akü ve inverter tipi seçilirken kullanıcıya sunulan diğer seçeneği ile kullanıcı istediği malzemenin özelliklerini sisteme tanımlatabilir. Fiyatı ile ilgili olarak ise seçilen malzemenin fiyatı arka planda işleme alınırken diğer seçeneği seçildiği zaman arayüz ekranına fiyatın girilmesi için text box yerleştirilmiştir.

Şekil 4.13. Projelendirme Aracı Genel Yapısı

Güneş enerji sistemleri projelendirme aracı sistemi genel hatlarıyla ele almaktadır. Burada kullanılacak olan malzemelerin tipinden verimine kadar tüm bilgileri kullanıcıya direk seçebileceği şekilde sunulmuştur. Ekstradan her il için aylık güneşlenme açı değerleri de sistem arayüzüne eklenerek kullanıcı için optimum seviyede enerji üretimi için kolaylık sağlamaktadır.



Şekil 4.14. Projelendirme Aracının Akış Diyagramı

Akış diyagramı, güneş enerji sistemleri projelendirme aracının kullanımını özetlemektedir. Yapılacak işlemler sırasıyla belirtilmiş olup programın çalışma biçimi detaylı olarak anlatılmıştır.

BÖLÜM 5. SONUÇLAR

Yapılan bu çalışmada güneş enerji sistemlerinin kurulumu öncesi gerekli olan tüm bilgilerin sağlandığı bir projelendirme aracı tasarlanmıştır. Günümüzde birçok farklı alanda kullanılan güneş enerji sistemlerinden en yüksek verimi alabilmek için hesaplamalar hassas bir şekilde yapılması gerekmektedir. Piyasada ücretli olarak tedarik edilebilen hesaplama araçlarının olumlu yönleri olduğu gibi eksik yönleri de bulunmaktadır. Eksik olan durumlar göz önüne alınarak gerekli olan hesaplamalarla birlikte geliştirilen yazılım yeni bir projelendirme aracı olarak tasarlanmıştır.

Çalışması yapılan bu projelendirme aracına solar sistemlerde kullanılan malzemelerin katalog bilgileri tanımlanmıştır. Kullanıcı programı kullanırken dışarıdan ekstra herhangi bir bilgi girmeden mevcutta olan bilgileri kullanarak sistem tasarımını gerçekleştirebilecektir. Projelendirme aracında olmayan özel üretim olarak kullanılacak malzemeler için ise ayrı bir hesaplama tekniği geliştirerek kullanıcının istediği malzemenin özelliklerini sisteme tanıtmaya olanak sağlanmıştır. Böylece kullanıcı istediği türdeki malzeme için bilgi girişi yapabilecektir. Bu araç sayesinde malzeme bilgileri, miktarları ve verimi gibi birçok özellikte birlikte maliyet analizi ve güneşlenme açısı değerleri kullanıcıya sunulmuştur.

Güneş enerji sistemlerinde kullanılan malzemeler için ihtiyaç duyulan matematiksel hesaplamalar yapılarak yazılımdaki sonuçlar kısmında bunların çıktıları paylaşılmıştır. Yük ile sistem arasına çekilecek olan enerji hattının uzunluğuna göre gerilim düşümü hesabı yapılarak sistemde kullanılacak olan kablunun kesiti belirlenmektedir. Çalışmada kurulum yapılacak konum ile ilgili uygun olan ve olmayan yerlerden bahsedilmiştir. İllere ait güneşlenme açısı değerleri arayüze eklenmiştir.

Açı değerlerinin aylık bazda verilmesinin nedeni ise kısa süreli durumlar için; mobil istasyon, afet durumları, miting, konser ve kamp gibi insan topluluklarının geçici süreli olduğu yerlerde gerekli olan enerji ihtiyacının karşılanmasıdır. Uzun vadeli durumlarda ise yine verimi maksimum seviyede tutmak için sisteme otomatik veya manuel hareketli sistem eklenmelidir. Bu sayede açı değerlerine göre hareket eden sistem verimi üst düzeyde tutularak sistemde üretilen elektriksel güç normale göre daha fazla olacaktır.

Kullanıcı tarafından kurulacak olan sistemin malzemeleri arayüz ekranından seçilerek güneş enerji sistemi ile ilgili bütün hesaplamalar gerçekleştirilmektedir. Program geliştirilirken kullanıcının programa sadece temel ihtiyaçlarını ve konum bilgilerini girdikten sonra önceden tanımlanmış olan malzemeler arasından en uygun olanını yazılımın vereceği çıktılar üzerinden seçerek kullanıcının maksimum verim ve minimum maliyetle ilgili ihtiyaç duyduğu sistemi kurabilmesi için ön fizibilitesini tamamlayabilmesi hedeflenmiştir. Gerekli karşılaştırmaları yazılım kendi içinde yaparak kullanıcıya sunmaktadır. Bu sayede kullanıcı başkaca bir karşılaştırma yapmak zorunda da kalmayacaktır.

Yukarıda anlatılan özellikleri ve kullanıcıya sunduğu değerlendirme olanaklarıyla bu tezde geliştirilen yazılım ön projelendirme masraflarını minimize etmekte ve projelendirmede ciddi anlamda zaman tasarrufu sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- [1] Saeed R. A. Simulation Of Grid Connected Of Hybrid Renewable Power System, *Yüksek Lisans Tezi*, Gaziantep Üniversitesi, Haziran, 2016.
- [2] Çarkıt T. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Depolama Sistemlerinin İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Erciyes Üniversitesi, Temmuz, 2017.
- [3] Eser C.¹ Öner F.² Başoğlu O.³ Bilir L.⁴ Yıldırım Özcan N.⁵ Özcan H.G.⁶ Urla-İzmir’de Bulunan Müstakil Bir Ev İçin Bütünleşik Hibrit Sistem Analizi, *13. Ulusal Tesisat Mühendisleri Kongresi*, 19-22 Nisan, Teskon.
- [4] Taktak F.¹ İli M.² Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği, *Geomatik Dergisi*, Uşak Üniversitesi, 2018; 3(1);1-21.
- [5] Haydaroğlu C. Dicle Üniversitesi Güneş Enerjisi Santralinin Performans Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Dicle Üniversitesi, Haziran, 2017.
- [6] Hedef N. Güneş Enerjisi Çatı Uygulamaları İçin Bir Matematiksel Model Önerisi, *Yüksek Lisans Tezi*, Beykent Üniversitesi, Şubat, 2018.
- [7] Alkan Ö. Rüzgâr Ve Güneş Enerjisi Elektrik Santrallerinde Kısa Dönem Tahmini İçin Matematiksel Modellerin Üretilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Düzce Üniversitesi, Şubat, 2018.
- [8] Duman M. H. Batı Akdeniz Bölgesinde Güneş Enerjisi Santrali İçin Kuruluş Yeri Seçimi, *Yüksek Lisans Tezi*, Akdeniz Üniversitesi, Temmuz, 2018.
- [9] Aytaçoğlu Perdahçı C. Güneş Pili Verimleri ve Ekonomik Analizi, *Doktora Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Ocak, 1997.
- [10] Atabay M. Lityum – İyon Bataryaların Fotovoltaik Sistemlerde Uygulanabilirliğinin Diğer Batarya Tipleri İle Karşılaştırılmalı Olarak Araştırılması, *Yüksek Lisans Tezi*, Ege Üniversitesi, Eylül, 2006.
- [11] Kaymak M. K. İstanbul İklim Şartlarında Rüzgar Ve Güneş Sistemlerinin Modellenmesi Ve Ekserji Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Ocak, 2011.
- [12] Zeray C. Renewable Energy Sources, *Yüksek Lisans Tezi*, Çukurova Üniversitesi, 2010.

- [13] Haskök A.Ş. Türkiye'nin Mevcut Enerji Kaynaklarının Durum Değerlendirmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Osmangazi Üniversitesi, Ekim, 2005.
- [14] Kantaroğlu F. Fotovoltaik Sistemler, TTMD, Makale, Temmuz-Ağustos, 2010, Syf: 29.
- [15] Öztürk H.H. Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi ve Etkili Etmenler, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, 01330 Sarıçam/Adana.
- [16] Kırklareli Üniversitesi, 2019.
http://esm.klu.edu.tr/dosyalar/birimler/esm/dosyalar/dosya_ve_belgeler/SOLAR__ARJ_REGULATORU.pdf. Erişim Tarihi: 12.05.2019.
- [17] Kırklareli Üniversitesi, 2019.
http://esm.klu.edu.tr/dosyalar/birimler/esm/dosyalar/dosya_ve_belgeler/__NVERTOR.pdf. Erişim Tarihi: 12.05.2019.
- [18] Kıyanççek E. Fotovoltaik Sistemlerin Boyutlandırılması İçin PVS2 Paket Programının Gerçekleştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Kasım, 2013.
- [19] BNM Solar, 2019.
<http://www.bnmsolar.com/?pnum=10&pt=Nas%C4%B1+%C3%87al%C4%B1%C5%9F%C4%B1yor%3F>. Erişim Tarihi: 24.03.2019.
- [20] Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, 2019.
<http://aekam.dpu.edu.tr/tr/index/slide/869/hibrid-sistemler>. Erişim Tarihi: 21.10.2018.
- [21] Aydın İ. Şebekeden Bağımsız Küçük Güçlü Uygulamalar İçin Fotovoltaik Panel-Lityum Demir Fosfat Batarya Tabanlı Karma Enerji Yönetim Sistemi, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Haziran, 2015.
- [22] Öztürk A. Bir Evin Elektrik Enerjisi İhtiyacını Karşılacak Fotovoltaik Sistemin Kurulumu, Eleco 2014 Elektrik – Elektronik – Bilgisayar ve Biyomedikal Mühendisliği Sempozyumu, 27-29 Kasım, 2014, Bursa.
- [23] C. Aksoy Tırmıkçı ve C. Yavuz, Determining Optimum Tilt Angles Of Solar Surfaces İn Sakarya, Turkey *Theoretical and Applied Climatology*, Sakarya Üniversitesi, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Suat KÜÇÜK, 28.03.1993'te Sakarya'da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimini Sakarya'da tamamladı. 2011 yılında Ferizli Anadolu Lisesi'nden mezun oldu. 2011 yılında başladığı Bülent Ecevit Üniversitesinde 1 yılı hazırlık olmakla beraber 3 yıl okuduktan sonra 2014 yılında yatay geçişle Düzce Üniversitesine geçti ve 2016 yılında mezun oldu. 2016 yılında Düzce Üniversitesinde yüksek lisans eğitimine başladı ve 2016 Bahar döneminde Sakarya Üniversitesine yatay geçiş yaptı. Özel bir firmada Elektrik-Elektronik Mühendisi olarak görev yapmaktadır.

